

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Technologie opracování ložiskového víka

Machining Technology of Hearing Cover

Student:

David Suchý

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Dr. Ing. Josef Brychta

Ostrava 2016

## Zadání bakalářské práce

Student: **David Suchý**  
Studijní program: **B2341 Strojírenství**  
Studijní obor: **2303R002 Strojírenská technologie**  
Téma: **Technologie zpracování ložiskového víka**  
**Machining Technology of Hearing Cover**  
Jazyk vypracování: **čeština**

### Zásady pro vypracování:

1. Vstup do řešené problematiky.
2. Rozbor a posouzení stávající technologie víka.
3. Návrh a zpracování nové technologie výroby víka.
4. Testování navržené technologie ve výrobě.
5. Technicko - ekonomické zhodnocení.

### Seznam doporučené odborné literatury:

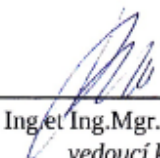
- [1] VASILKO, Karol; NOVÁK-MARCINČIN, Jozef; HAVRILA, Michal. *Výrobné inžinierstvo*. Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.
- [2] NEŠLUŠAN, Miroslav; TUREK, Stanislav; BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; TABAČEK, Marian. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [3] HAVRILA, Michal; ZAJAC, Jozef; BRYCHTA, Josef; JURKO, Jozef; *Top trendy v obrábaní, I. část – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.
- [4] ZAJAC, Jozef; JURKO, Jozef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábaní, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **prof. Dr. Ing. Josef Brychta**

Datum zadání: 11.12.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016

  
doc. Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.  
vedoucí katedry



  
doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě: 29. 4. 2016

.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 29. 4. 2016

.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

David Suchý

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Nezvalova 12, Šumperk 787 01

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

SUCHÝ, D. Technologie zpracování ložiskového víka: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie, 2016, 52 s. Vedoucí práce: Brychta, J.

Bakalářská práce se zabývá technologií opracování ložiskového víka. Návrhem nového způsobu opracování z důvodů vytížení nového stroje. Je popsán současný stav včetně podrobnějšího popisu jednotlivých operací a strojů, které se momentálně využívají pro opracování daného dílce. Dále je navržen nový technologický postup pro opracování na novém stroji. V závěru práce je technicko-ekonomický přínos a následné další využití v praxi.

SUCHÝ D. Machining Technology of Hearing Cover: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Working and Assembly, 2016, 52 p. Thesishead: Brychta, J.

This thesis analyzes machining technology of bearing cap. Thesis contains new ways of machining, due to free capacity of the new machine. It describes the current status, including detailed description of individual operations and the machines that are currently used for machining the workpiece. Also being proposed is a new technique for working on the new machine. In conclusion, the techno-economic benefits and subsequent further use in practice.

## Obsah

Obsah .....	6
Seznam zkratk .....	7
Úvod .....	8
1 Teoretický úvod do problematiky opracování .....	9
1.1 Teorie soustružení .....	10
1.2 Teorie frézování .....	12
1.3 Teorie vrtání .....	18
2 Stávající technologie .....	20
2.1 Představení společnosti ZLKL .....	20
2.2 Vize společnosti ZLKL .....	24
2.3 Představení dílu .....	25
2.4 Stará technologie .....	27
2.5 Analýza stávajícího procesu .....	30
3 Nová technologie .....	32
3.1 Soustruh CTX Beta 800 counterspindel Y-axes .....	32
3.2 Nástrojový list .....	34
3.3 Časová studie opracování .....	39
3.4 Technologický postup a kontrolní plán .....	41
4 Testování nové technologie ve výrobě .....	44
4.1 Popis opracování dílu .....	44
4.2 CNC program .....	46
5 Technicko-ekonomické zhodnocení .....	49
6 Závěr .....	51
7 Seznam použité literatury .....	52
8 Seznam Příloh .....	55

**Seznam zkratek**

TP	Technologický postup
KP	Kontrolní plán
$v_c$	Řezná rychlost [m/min]
$n$	Otáčky vřetene / vrtáku [ot/min]
$d$	Průměr obrobku / obráběné díry [mm]
$v_f$	Rychlost posuvu (vzhledem k ose frézy)
FH	Frézka horizontální
FV	Frézka vertikální
$v_f$	Posuvová rychlost [mm/min]
$v_e$	Rychlost výsledného řezného pohybu [m/min]
$f$	Posuv nástroje a jednu otáčku [mm]
ZLKL	Závod lehkých konstrukcí Loštice
CMT	Cold Metal Transfer
ČR	Česká republika
ISO	International Organization of Standardization – mezinárodní organizace
OHAS	Occupational Health and Safety Assessment Specification – Systém managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
PO	Požární ochrana
PPM	Parts per milion – dílů či částic na jeden milion
OTD	Doručení objednávky
CNC	Computer Numerical Control – počítačem řízený obráběcí stroj
GB	Gigabyte
LCD	Liquid Crystal Display – displej na bázi tekutých krystalů
USB	Universal Serial Bus – univerzální sériová sběrnice
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VBD	Vyměnitelná břitová destička

## Úvod

Věda a dovednost je volným překladem slova technologie. Technologie pomáhají lidem vykonávat obtížné práce a úkony, které člověk není sám schopen vykonat nebo musí vyvinout velmi těžké fyzické úsilí. V oblasti strojírenské technologie opracování jsou majoritními způsoby opracování soustružení, frézování a vrtání.

V mojí bakalářské práci se budu zabývat technologií opracování ložiskového víka, které zahrnuje všechny výše zmiňované mechanismy. Mým úkolem je analyzovat stávající stav opracování ložiskového víka. Zhodnotit časovou náročnost výroby dílu na jednotlivých operacích. Navrhnout nový způsob opracování na technologiích dostupných ve firmě ZLKL. Stanovit teoretické strojní časy, nástrojový list a technologický postup opracování. Tyto podklady pro výrobu dílu pak budu analyzovat při rozběhu nové technologie v sériové výrobě. Po ověření strojních časů vypočítám velikost úspory, kterou přinesla změna technologie v porovnání se starou technologií.

Celý projekt bude zaštitovat společnost ZLKL s.r.o., která disponuje obrobnou vybavenou třiceti CNC stroji. Mezi vybavení strojního parku patří: horizontální soustruhy, vertikální soustruhy, multifukční soustružnická centra, vertikální frézky a horizontální frézky. Společnost se specializuje také na lisování, svařování, ohýbání a laserové vypalování. Součástí ZLKL je také projekt ELBEE, autíčko pro tělesně postižené. Firma má velké výrobní zázemí a nabízí svým zákazníkům profesionální přístup při prototypové výrobě dílů, stanovování polotovaru pro obrábění a posuzování technologičnosti konstrukce.

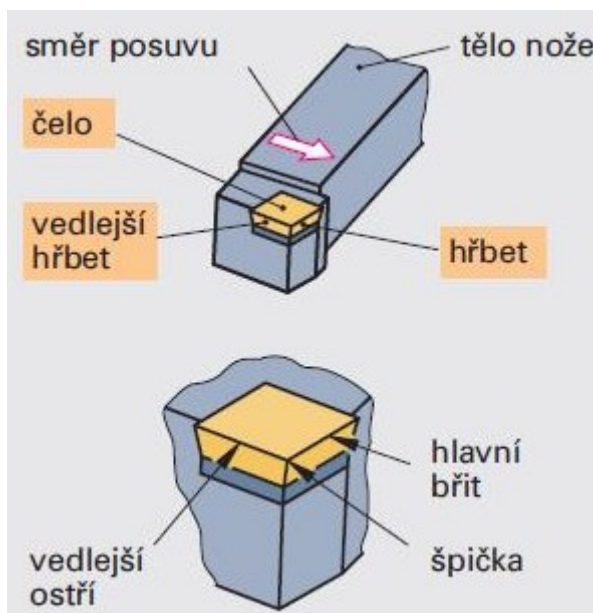
Závěrem zhodnotím dosažené výsledky z praktického řešení opracování. Časovou bilanci staré technologie vůči nové technologii. Z dosažených výsledků znovu analyzuji proces a navrhnu případnou optimalizaci procesu.



## 1 Teoretický úvod do problematiky opracování

Obrábění je technologický proces, při kterém měníme polotovary na finální výrobek požadovaného tvaru, rozměrů a jakosti povrchu. Pod všeobecný pojem obrábění spadají tyto strojírenské technologie, jako jsou: slévání, tváření, tepelné zpracování, svařování, řezání, úprava povrchu, montážní práce. Obrábění se dělí zejména na ruční a strojní. Ruční obrábění využívá práci vykonávanou člověkem pomocí ručních nástrojů například: pilování, sekání, ruční vrtačky a jiné. Strojní obrábění využívá elektrickou energii, která se pak v obráběcím stroji mění na energii mechanickou. Ve strojírenském průmyslu zaujímá obrábění významné místo a jsou na něj kladené stále vyšší nároky.

Obrábění se uskutečňuje v soustavě: SNOP (stroj – nástroj – obrobek – přípravek). Obrobkem je označován obráběný nebo již obrobený předmět, který se bude obrábět. Nazýváme jej polotovarem. Plocha vzniklá obráběním se nazývá obrobenou plochou. Nástroj je aktivní prvek při obrábění. Břit je část řezného nástroje a má tvar klínu, který je ohraničen plochou čela a plochou hřbetu. Ostří je průsečnicí ploch čela a hřbetu. Z pravidla mívá hlavní a vedlejší ostří. Nástroj se upíná za stopku (tělo nože).



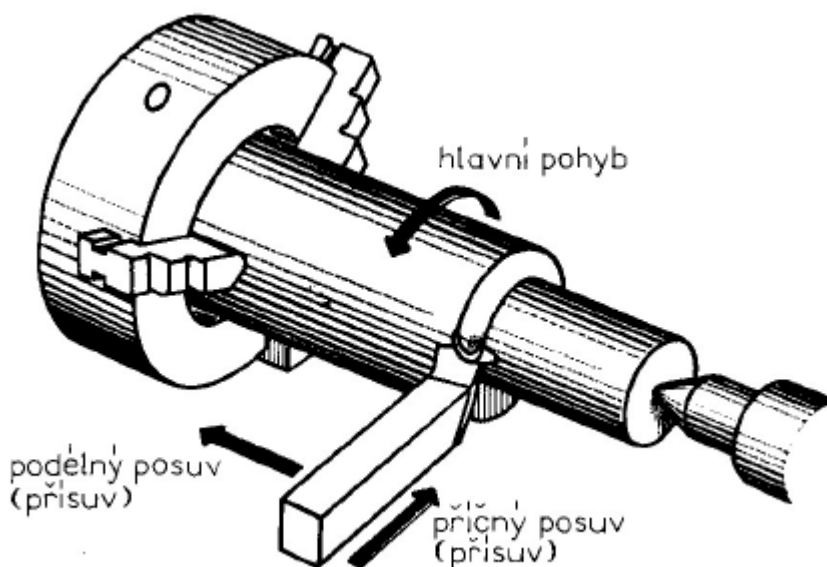
Obr. 1–1 Plochy a břity soustružnického nože <sup>[1]</sup>

## 1.1 Teorie soustružení

Soustružení je v podstatě třískové obrábění vnějších nebo vnitřních rotačních ploch. Při soustružení se obrobek otáčí a nástroj (nůž) vykonává pohyb. Nástroj se převážně pohybuje přímočaře. Hlavní pohyb vykonává obrobek do řezu a nástroj vykonává pohyb vedlejší.

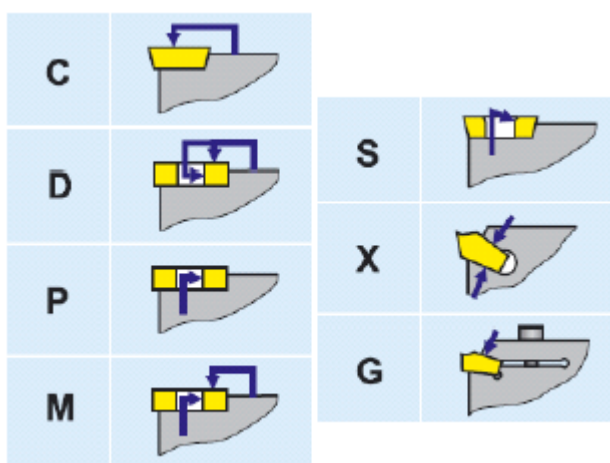
Rotace obrobku kolem své osy je hlavním řezným pohybem při soustružení. Nástroj může vykonávat dva pohyby. Jeden z nich je podélný posuv, který je ve směru osy obrobku nebo příčný posuv, jenž je kolmý na osu obrobku. Velikost podélného nebo příčného posuvu je dráha nože za 1 otáčku obrobku [mm]. Posuv je buď strojní anebo ruční. Obvodová rychlost obrobku je řeznou rychlostí, kterou vypočítáme pomocí vzorce:

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ [m/min]}$$



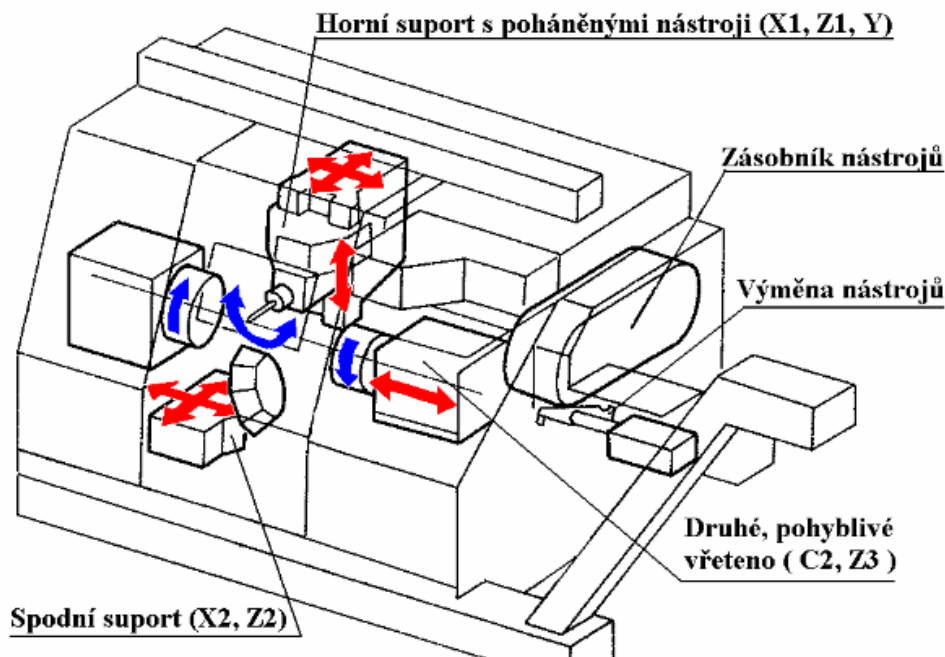
Obr. 1.1-1 Pohyb při soustružení <sup>[2]</sup>

Soustružnické nože jsou nejpoužívanějšími nástroji v obrábění. Nože jsou jednoduchých tvarů, snadné na údržbu a cenově dostupné. Charakterizují se zejména: materiálem řezné části, tvarem řezného klínu, průřezem tělesa nástroje. Z technologického hlediska můžeme soustružnické nástroje dělit na: radiální, tangenciální, prizmatické a kotoučové. Soustružnické radiální nože dělíme podle konstrukce na: celistvé (řezná část a tělo nástroje jsou z jednoho kusu), s pájenou břitovou destičkou (řezná část je připájena k tělu nástroje) a s vyměnitelnou břitovou destičkou (břitová destička je upnuta mechanicky k tělu nástroje podle systému ISO). U vyměnitelných břitových destiček existuje velké množství upínacích systémů, aby byla upínací síla přibližně stejná jako u pájených břitových destiček.



Obr. 1.1-2 Pohyb při soustružení <sup>[3]</sup>

Soustružnických strojů (soustruhů) existuje velký počet druhů, velikostí a typů. Z konstrukčního hlediska je dělíme na: svislé, čelní, hrotové, revolverové a speciální. Dále je dělíme podle stupně automatizace: ovládané ručně, poloautomatické (obsluha upíná a odepíná obrobek, opakuje cykly), automatické (při obrábění jedné součástky opakuje pracovní cykly).



Obr. 1.1-3 Pohyb při soustružení [4]

U soustružení jsou kladeny velké požadavky na upínání obrobků, protože správné upnutí musí splňovat několik podmínek. Musí být rychlé, spolehlivé, jednoduché, mít dostatečnou tuhost a jednoznačnou polohu obrobku vůči nástroji. Používá se nespočet upínacích elementů a jejich kombinace, ale způsob upnutí závisí především na hmotnosti a tvaru obrobku. Mezi základní druhy upnutí patří: univerzální tři nebo čtyř čelist'ová sklíčidla, upnutí mezi hroty, kleštiny a unášecí desky. Dále existují ještě zvláštní druhy upnutí: na trny, pomocí opěrek, pomocí úhelníků a na upínací desky. Nejčastěji se upíná mezi univerzální sklíčidla k upínání menších a kratších obrobků v kusové i v sériové výrobě.



Obr. 1.1-4 Univerzální sklíčidlo [5]

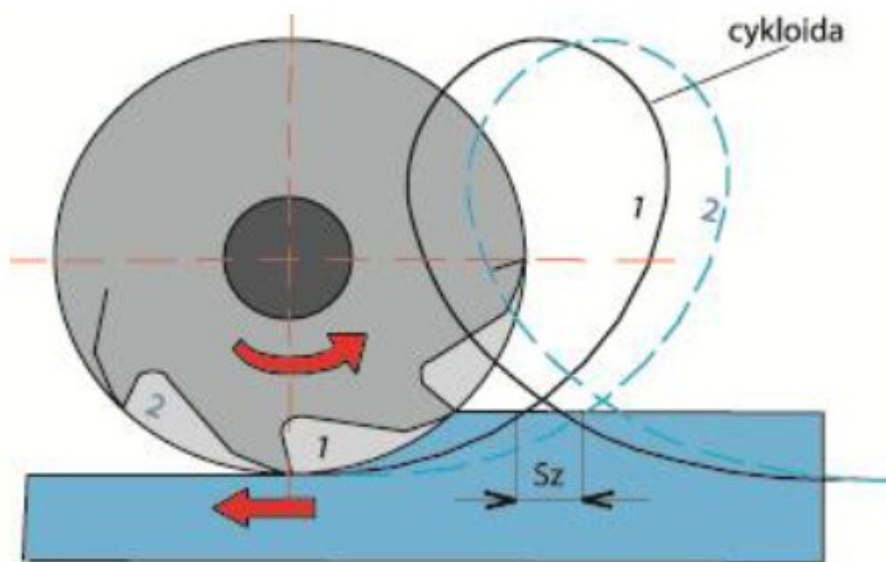
## 1.2 Teorie frézování

Frézování spadá do třískového obrábění, kdy z obrobku odebíráme vrstvu materiálu ve formě třísek pomocí rotačního vícezubého nástroje (frézy). Fréza se otáčí kolem své

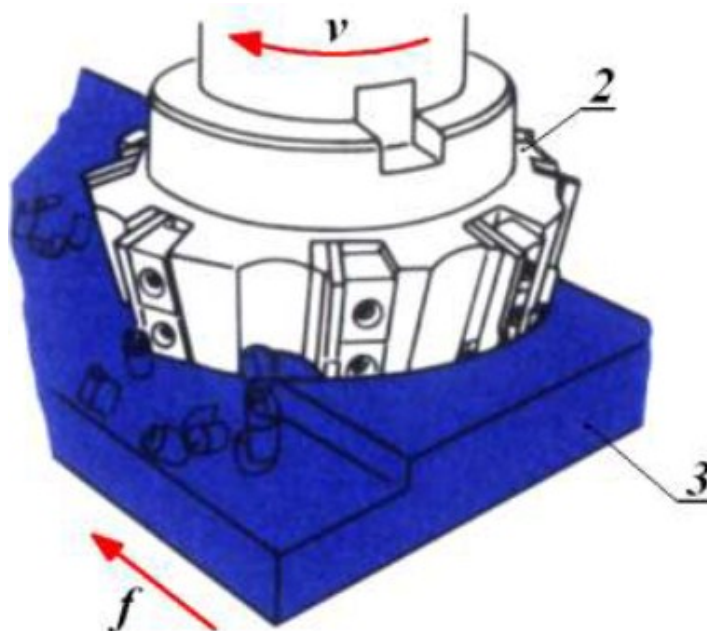
osy a zuby po obvodě se postupně zařezává do obrobku, který se proti nástroji posouvá. Jednotlivé zuby frézy postupně odřezávají z obrobku materiál ve formě třísky. Tyto třísky mají různou tloušťku, a proto tvrdíme, že proces řezání je přerušovaný.

Při frézování se používají různé druhy frézovacích nástrojů, kdy obrábíme především plochy rovinné, ale i plochy tvarové, šikmé, rotační, nepravidelné, drážky a vybrání různých tvarů, závitové drážky na rotačních plochách, různá ozubení na hřebenech a ozubených kolech a jiné. Frézování má obrovské uplatnění ve strojírenském průmyslu. Při frézování dosahujeme vysokých řezných rychlostí. Tím je frézování efektivnější a hospodárnější odebírání materiálů oproti obrábění jednobřitými nástroji (např. obrážení, hoblování, ...).

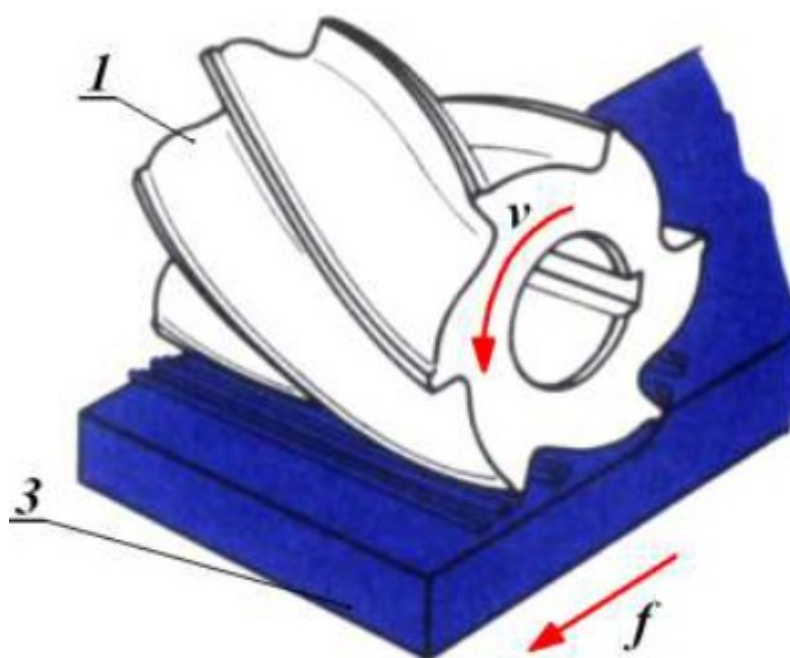
Hlavní pohyb při frézování vykonává nástroj a vedlejší pohyb vykonává obrobek a obvykle je posuv přímočarý. Moderní stroje mohou posuvy plynule měnit a realizují se ve více směrech zároveň. Z technologického hlediska rozdělujeme frézování podle osy nástroje na: válcové (osa nástroje je rovnoběžná s obráběnou plochou), čelní (osa nástroje je kolmá na obráběnou plochu). Od těchto základních způsobů frézování existují i jejich odvozeniny, jako je frézování okružní a planetové.



Obr. 1.2-1 Řezný pohyb - cyklolda <sup>[9]</sup>

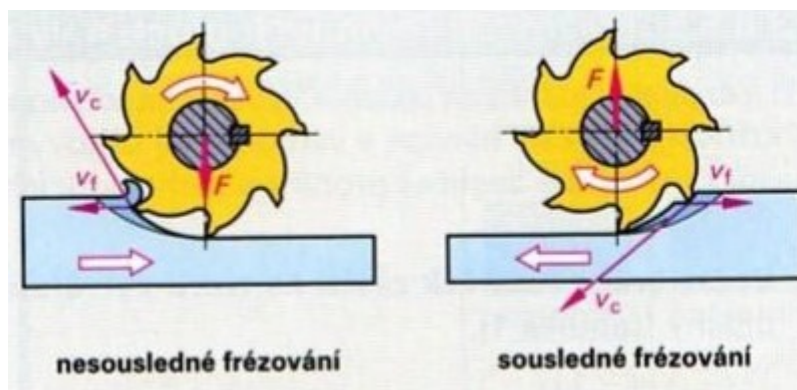


Obr. 1.2-2 Frézování čelní frézou<sup>[6]</sup>



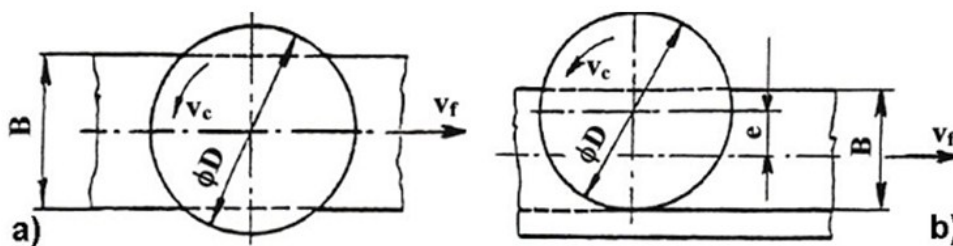
Obr. 1.2-3 Frézování válcovou frézou<sup>[6]</sup>

Dále pak rozlišujeme dva druhy válcového frézování v závislosti na otáčení nástroje na sousledné a nesousledné. Při sousledném frézování se fréza otáčí ve směru posuvu, zuby se postupně zařezávají do maximální tloušťky a končí na obrobené ploše. Výhodou je hladší obrobená plocha, příznivé působení řezné síly a vyšší trvanlivost nástroje. Mezi nevýhody sousledného frézování patří silová zátěž každého zubu při záběru a není vhodné pro obrábění polotovárů s tvrdým a znečištěným povrchem. U nesousledného frézování se fréza otáčí ve směru proti posuvu, průřez třísky se postupně zvětšuje od nuly do maximální tloušťky. Mezi výhody patří menší opotřebení stroje, počáteční záběr zubů nezávisí na hloubce řezu a nevýhodou je horší kvalita obrobené plochy a nepříznivé působení řezné síly.



Obr. 1.2-4 Frézování válcovou frézou [7]

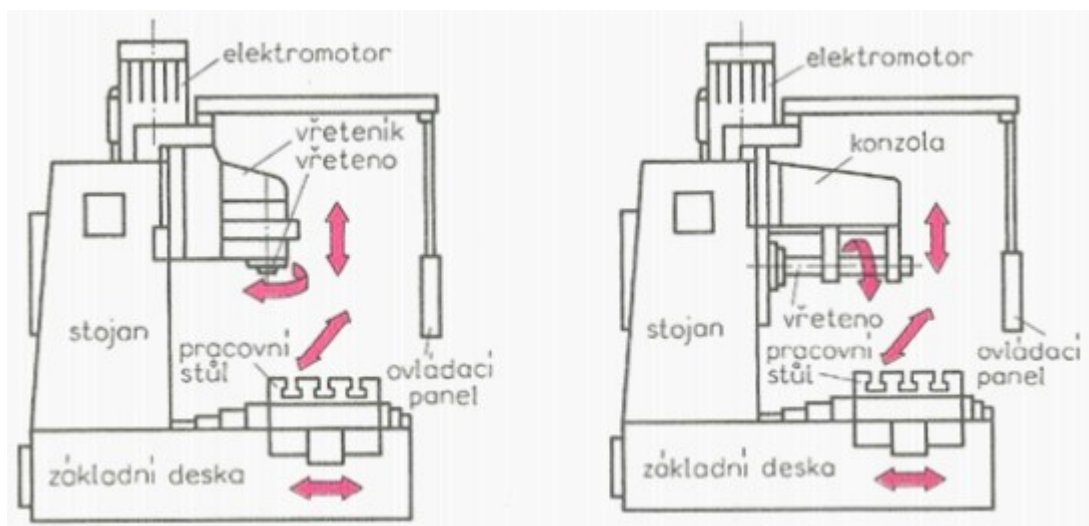
Čelní frézování je výkonnější než frézování válcové, jelikož zabírá více zubů současně, což umožňuje pracovat s větším posuvem obrobku. Nástroj pro čelní frézování má břit na obvodu i čele frézy. Podle polohy osy otáčení fréz k ploše obrábění rozlišujeme dvě základní metody. Jedna z metod je symetrické frézování, kdy osa nástroje prochází středem frézovací plochy a druhá je nesymetrická, kdy je osa nástroje mimo střed frézovací plochy.



Obr. 1.2-5 Čelní frézování a) symetrické b) nesymetrické [KP 123] [8]

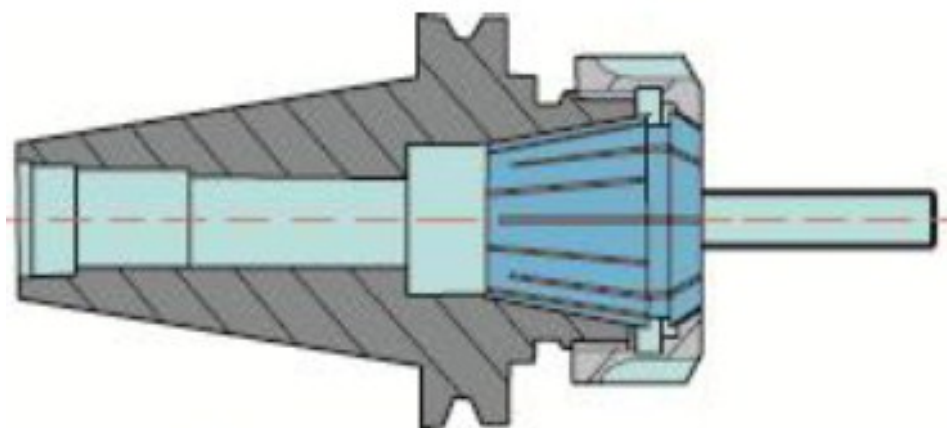


Frézek (frézovacích strojů) se v dnešní době vyrábí velké množství modelů, výkonů a velikostí s velkým počtem příslušenství. Frézy můžeme rozdělit podle konstrukce do skupin: stolní, rovinné, konzolové, portálové a speciální. Dle polohy vřetene je můžeme rozdělit na dvě základní skupiny na vodorovná, která se označuje FH (frézka horizontální) a na svislé a označuje se FV (frézka vertikální).



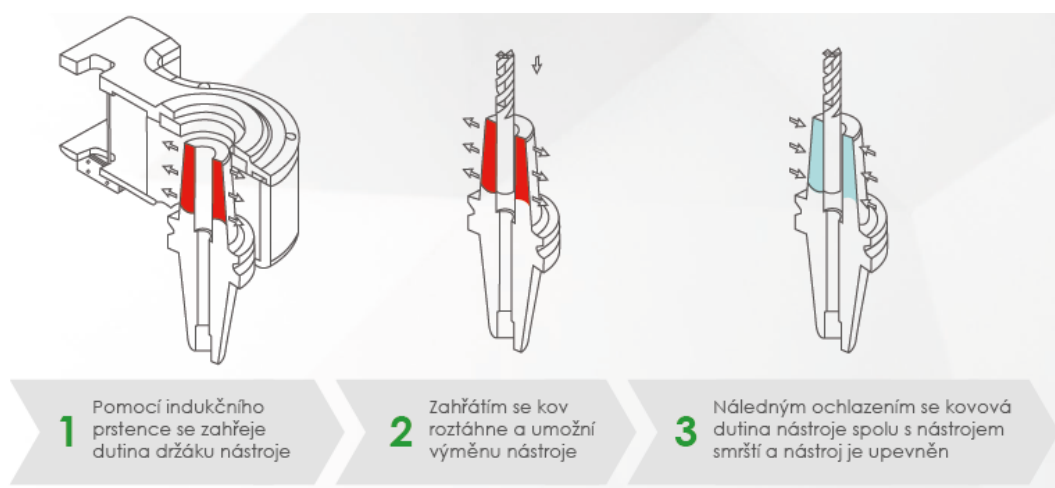
Obr. 1.2-6 Stolové frézky svislá a vodorovná <sup>[10]</sup>

Frézy se dříve upínaly zejména do kleštiny, ale v dnešní době jsou nahrazovány hydraulickými a telenými upínacími prostředky. U tepelného upínače se ohřívá nástroj, který je pak vložen do tělesa upínače magnetickým polem cívky vysokofrekvenčního generátoru. Ohřev je velice rychlý, že zvýšené teploty nástroje v důsledku vedení tepla je minimální. Nástroj v upínači je chlazen proudem vzduchu. Kvalitní upnutí zajistí smrštění materiálů a uvolnění nástroje jeho následný ohřev ve stejném zařízení.



Obr. 1.2-7 Kleštinový upínač <sup>[13]</sup>





Obr. 1.2-8 Stolové frézky svislá a vodorovná <sup>[12]</sup>

Hydraulický upínač funguje na principu otáčení upínacího šroubu, který vytváří rovnoměrný tlak hydraulického média uvnitř upínače. Tlak působí na upínací pouzdro, čímž je nástroj pevně a přesně upnut.



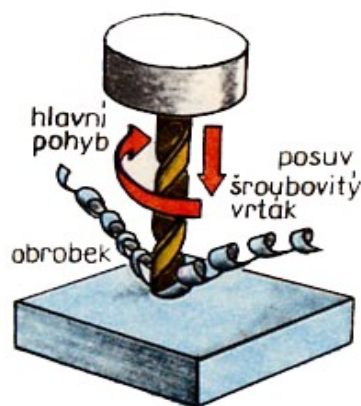
Obr. 1.2-9 Řez hydraulického upínače <sup>[11]</sup>

### 1.3 Teorie vrtání

Vrtání je technologie, která slouží k obrábění děr. Ve strojírenském průmyslu je tato operace velmi častá. Používá se ke zhotovení děr v obrobku při použití řezných nástrojů (vrtáků). Tvary vyvrtaných děr mohou být různé a odvozují se zejména od jejich funkce. Ve strojírenství se nejčastěji objevují rotační díry a jejich výroba je nejméně náročná. Mimo vrtání dlouhých a krátkých děr je obsaženo v pojmu vrtání i další způsoby obrábění jako je vystružování, vyvrtávání, vyhrubování a operace načisto jako je válečkování apod. Tento způsob obrábění má pro všechny tyto metody společný jmenovatel a to je rotační pohyb nástroje (vrtáku), který vykonává hlavní pohyb. Ve zvláštních případech může hlavní pohyb vykonávat obrobek. Ve směru osy nástroje je vedlejší pohyb, který vykonává také nástroj. Řezný nástroj je většinou kolmý k obráběné ploše.

Při vrtání rozlišujeme dva druhy děr a to průchozí a slepé díry. Z technologického hlediska se průchozí díry obrábí celkem snadno. U slepých děr se musí dávat pozor na jejich zakončení, odvodu zbytky třísky ze zakončení díry a přesnou hloubku vrtání a jiné. Třísky ze dna díry se odvádějí tak, že vrták ještě před ukončení operace udělá několik otáček.

„Charakteristickým rysem nástrojů na díry je, že se řezná rychlost zmenšuje od obvodu směrem ke středu nástroje, přičemž v ose nástroje má hodnotu nulovou. Za řeznou rychlost se proto považuje obvodová rychlost na maximálním průměru ostří vrtáku (nástroje) a určuje se podobně jako při soustružení.“ [14]



Obr. 1.3-1 Ukázka vrtání

$$v_c = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad [\text{m/min}]$$

$$v_f = f \cdot n \quad [\text{mm/min}]$$

$$v_e = \sqrt{v_c^2 \cdot v_f^2} \quad [\text{m/min}]$$

Nástroje pro vrtání se dají dělit ještě podle technologie na kopinaté vrtáky, šroubovitě vrtáky, hlavňové vrtáky, středící vrtáky, vrtáky s vyměnitelnými řeznými destičkami a vrtací hlavy.



Obr. 1.3-2 Různé druhy vrtáků <sup>[15]</sup>

Ve strojírenském průmyslu se používají ruční nebo strojní vrtačky nejrůznějších konstrukcí a velikostí. Strojní vrtačky jsou jedno vřetenové nebo několika vřetenové a existují také různé druhy, které můžeme dělit podle konstrukčního hlediska na: ruční, stolní, stojanové, sloupové, otočné, vodorovné na hluboké díry a speciální.



Obr. 1.3-3 Sloupová vrtačka VS 40-420 CASTOR <sup>[16]</sup>

## 2 Stávající technologie

### 2.1 Představení společnosti ZLKL

ZLKL – závod lehkých konstrukcí Loštice svým zákazníkům nabízí širokou škálu strojírenských činností, konkrétně obrábění, lisování, svařování, povrchové úpravy, 3D kontrolu kvality a také vývoj a konstrukci. Díky své komplexnosti, kvalitě, schopnosti rychle reagovat na požadavky klienta a přijatelným cenám dlouhodobě roste tržbami i počtem zaměstnanců. Dodává především do nadnárodních koncernů, jako je Emerson a Siemens. Přibližně 60 procent výroby směřuje na export, hlavním odbytištěm je po České republice Francie a Německo. Většina výrobků nachází své použití v elektrotechnickém průmyslu, ve vodohospodářském a doplňkově i v automobilovém průmyslu. <sup>[17]</sup>



Obr. 2.1-1 Společnost ZLKL <sup>[17]</sup>

## Historie společnosti

Společnost ZLKL byla založena v roce 1993. V tomto roce zaměstnávala 45 zaměstnanců a jejím hlavním programem byla v pronajatých opravárenských prostorách výroba nábytkového kování a výsuvných roštů pro sedací soupravy.

V roce 1994 byl učiněn první krok ke kvalitativnímu a kvantitativnímu rozvoji tím, že se společnost prosadila ve výběrovém řízení na výrobu rámců zadních sedadel pro vozy Škoda Felicia, které byly dodávány firmě KARSIT HOLDING, s.r.o. Objem tržeb se pohyboval mezi 50-60 mil. Kč. V tomto roce ZLKL zaměstnávalo 80 zaměstnanců.

Milníkem ve vývoji firmy byl v roce 1996 počátek spolupráce s M.L.S. Holice, spol. s r. o. (Moteur Leroy Somer). Společnost ZLKL se začala zaměřovat na lisování, zpracování plechů, svařování dílů v ochranné atmosféře a obrábění litinových a ocelových dílů pro alternátory a elektromotory.

Dalším pozitivním zvratem ve vývoji společnosti ZLKL bylo v roce 2003 vyplacení ostatních třech společníků Ing. Ladislavem Brázdilem. Stal se tak 100% majitelem, rozšířil firmu o další provozovnu a započal další rozvoj firmy. Díky investicím namísto vyplacení podílu na zisku, se ze ZLKL stala inovativní, technologicky špičkově vybavená strojírenská společnost disponující unikátními technologiemi, jako je robotické svařování hliníku metodou CMT pro automobilní průmysl nebo v ČR výjimečnou komorou pro tlakové zkoušky ventilů. Dalším specifikem je vývoj vlastního, celosvětově unikátního vozidla pro tělesně postižené, který započal v roce 2005. ([www.elbee.cz](http://www.elbee.cz))



Obr. 2.1-2 Vozidlo ELBEE <sup>[21]</sup>

V roce 2010 byla společnost úspěšně certifikována na Integrovaný systém managementu, splňuje tímto požadavky norem ISO 9001, 14001 a 18001. Nově byla certifikace v souvislosti se zřízením úseku vývoje rozšířena o Návrh a vývoj.

V minulých letech si firma prošla díky celosvětové hospodářské krizi velmi obtížným obdobím. To však skončilo velmi výrazným zproduktivněním, zkvalitněním a zmodernizováním firmy jako celku.

V roce 2012 společnost zahájila provoz vlastní firemní školky s rozšířenou výukou angličtiny a s prvky waldorfské pedagogiky ([www.medovaskolka.cz](http://www.medovaskolka.cz)), a to v rámci projektu Sladování pracovního a rodinného života zaměstnanců ([www.projekt-sladowani.cz](http://www.projekt-sladowani.cz)). Jedním z pedagogů je anglický rodilý mluvčí. <sup>[18]</sup>

### **Hodnoty společnosti**

Společnost si plně uvědomuje odpovědnost k plnění požadavků zákazníků a potřebu neustálého zlepšování efektivnosti integrovaného systému managementu ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001.

Uplatňuje zásady udržitelnosti rozvoje, tzn. rovnováhu mezi hospodářským rozvojem, šetrným přístupem k životnímu prostředí a společenské odpovědnosti, odpovědnost za dodržování požadavků BOZP a PO.

Filozofií společnosti je vytváření hodnot za plnění podmínek udržitelného rozvoje, promítnutím do řízení společnosti prostřednictvím integrovaného systému řízení, založeného na certifikovaných systémech řízení kvality, přístupu k životnímu prostředí, bezpečnosti práce a bezpečnosti informací.

### **Orientace na zákazníka**

Prvořadou snahou společnosti je plnit požadavky, preference a potřeby zákazníků. Dodávky se tak snaží vyřizovat rychle, flexibilně a v prvotřídní kvalitě.

### **Orientace na zaměstnance**

Úsilí o spokojenost zaměstnanců a jejich rozvoj je základní podmínkou pro udržení konkurenceschopnosti podniku. Společnost chce vytvářet podmínky ke spokojenosti zaměstnanců, zabezpečit vzdělávání a motivaci zaměstnanců k profesionálnímu výkonu a to zlepšením pracovního prostředí pro zaměstnance, motivací zaměstnanců jako jsou benefity pro kulturní a sportovní využití, také školením a výukou jazyků.

Snaží se trvale podporovat a motivovat všechny zaměstnance k posilování odpovědnosti za ochranu životního prostředí a rozvíjení systému BOZP v rámci plnění jejich pracovních povinností.

### **Orientace na dodavatele**

Kvalita výrobků se přímo odvíjí od kvality nakupovaných materiálů, výrobků a služeb. Proto je kvalita nakupovaného zboží a služeb a zajištění bezpečnosti dodávek velice důležitá. Pravidelně dochází k hodnocení dodavatele a zabezpečení stálosti kvality dodávek. Dále dochází k začlenění environmentálních a bezpečnostních hledisek do marketingu a dodavatelsko-odběratelských vztahů.

### **Orientace na ekologii**

Snaha zajistit promítnutí řízení ochrany životního prostředí do integrovaného systému. Vytváření potřebných zdrojů pro realizaci opatření v oblasti spotřeby energie a surovin, vzniku a využití odpadů a omezování dalších negativních aspektů.

### **Orientace v oblasti zabezpečování BOZP**

Cílem společnosti je stanovit konkrétní cíle v oblasti BOZP, pravidelně je kontrolovat, vyhodnocovat a posuzovat plnění cílů a efektivitu politiky. Trvale zvyšovat úroveň v rámci integrovaného systému a plnit zákonné požadavky v oblasti BOZP, soustavně a kvalifikovaně vyhledávat a hodnotit rizika možného ohrožení zdraví a života osob. <sup>[19]</sup>



## 2.2 Vize společnosti ZLKL

### Vize

- Být vedoucí dodavatel v oblasti kovovýroby pro podniky působící v elektrotechnickém průmyslu,
- rozvíjet spolupráci s podniky působícími v elektrotechnickém průmyslu, automotive a energetice,
- do roku 2016 prorazit na trh s vlastním produktem – vozidlo pro tělesně postižené Elbee,
- nastavování podnikové kultury prostřednictvím principů Lean.<sup>[20]</sup>

### Cíle

- Zvyšování Customer Service Level prostřednictvím měření ukazatelů OTD a PPM,
- zvyšování konkurenceschopnosti prostřednictvím moderních technologií,
- tvorba Design of Lean Manufacturing,
- do roku 2020 dosáhnout ročního obrátu 1 mld. Kč.<sup>[20]</sup>

Mezi nejvýznamnější odběratele společnosti ZLKL patří (viz. obr.2.2 -1).

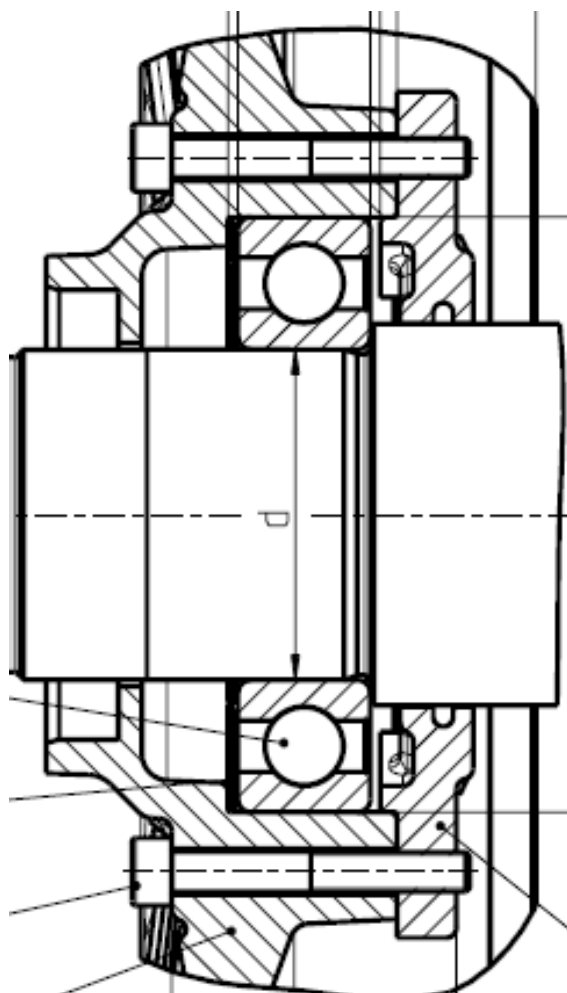


Obr. 2.2-1 Významní odběratelé společnosti ZLKL <sup>[22]</sup>



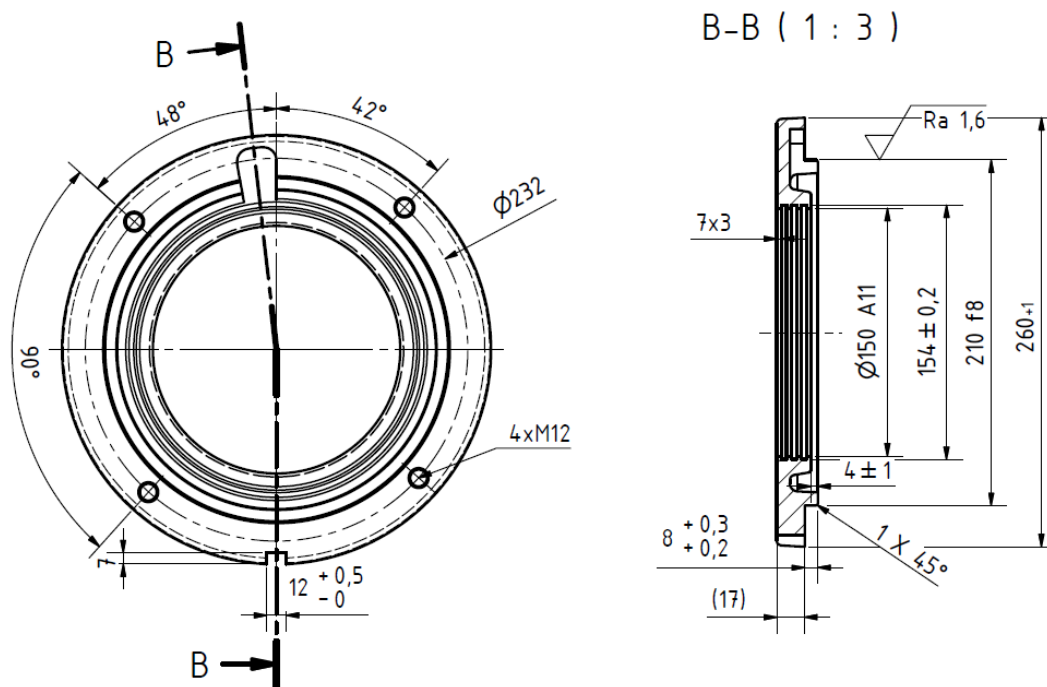
### 2.3 Představení dílu

Vnitřní ložiskové víčko je určeno pro ochranu elektromotoru, aby se při výměně maziva u ložiska nedostal tuk do vnitřní části motoru a nepoškodil jej. Zároveň zajišťuje, aby tuk při výměně pokryl celou plochu ložiska a staré mazivo bylo vytlačeno odtokovým kanálkem. V dnešní době jsou kladeny vysoké nároky na elektromotory. Ať už provoz ve vysokých teplotách, provoz ve vysokých otáčkách elektromotoru nebo v prašném prostředí, aby se snížila poruchovost motorů, tak je potřeba zajistit co nejvyšší výměnu tuku v ložiscích. Na obrázku 2.3-1 můžeme vidět umístění ložiskového víčka ve štítu elektromotoru.



Obr. 2.3-1 Umístění ložiskového víčka

Ložiskové víčko je vyrobeno z šedé litiny, která by měla zajistit dostatečnou pevnost a kvalitní obrobitelnost při opracování. Kvůli nárůstu zakázek na vnitřní ložiskové víčko a modernizací strojového parku společnosti ZLKL, se oddělení technologie rozhodlo využít nových obráběcích strojů a zkrácení času opracování. Výkres opracování ložiskového víčka (obr. 2.3-2).



Obr. 2.3-2 Výkres opracování ložiskového víčka

## 2.4 Stará technologie

Soustružnický stroj SPR 100 CNC je revolverový poloautomat, který je určen k rotačnímu obrábění litiny, oceli a barevných kovů. Určen je jak pro kusovou, tak sériovou výrobu součástí z tyčového materiálu do průměru 100 mm vyráběných v rozsahu parametrů stroje. Obrábět lze vnější i vnitřní plochy válcové, kuželové i kulové, vrtat, vystružovat a řezat závity v ose vřetena. Soustružnický stroj SPR CNC je konstrukčně řešen svislým ložem a jedním křížovým supportem, který nese elektricky ovládanou nástrojovou hlavu s rozhraním nástrojových držáků VDI 50 a vřeteníkem. V základním provedení je stroj osazen jednou dvanácti polohovou nástrojovou hlavou. Variantně lze stroj osadit dvěma hlavami, z toho jednou hlavou s poháněnými nástroji. Stroj je řízen systémem SIEMENS SINUMERIK 840 D, pohony-regulátory posuvů a vřetene jsou SIEMENS SIMODRIVE 611. <sup>[23]</sup>

Tabulka 1- Parametr stroje SPR 100 CNC <sup>[23]</sup>

PARAMETR	SPR 100 CNC
Řídicí systém	SIEMENS Sinumerik 840D
Motory a pohony	SIEMENS, Simodrive 611
Nástrojové hlavy	Baruffaldi, elektro-pneu 12 (8/6) pozic
Vrtání vřetene	114 mm
Max. průchod tyče vřetenem	100 mm
Největší oběžný průměr nad podélným supportem */	550 mm
Největší délka obrábění (u příruby) */	250 mm
Největší průměr obrábění (u příruby) */	430 mm
Max. otáčky vřetene (dle sklíčidla)	1800 1/min
Výkon hlavního motoru vřetene	32 kW
Rychloposuv v osách X, Z (max)	20 m/min
Půdorys. plocha dxš (s doprav. třísek)	3800 x 1800 mm
Výška stroje (pracovní)	2600 mm
Hmotnost stroje	6500 kg



Obr. 2.4-1 Soustruh SPR 100 CNC

CNC Vertikální centrum Haas VF-4 má rozměry 1270 x 508 x 635 mm, kužel ISO 40, vektorový pohon 22,4 kW, 8100 ot./min, přímý náhon „inline“, měnič nástrojů karuselového typ s dvaceti kapsami, rychlo posun 25,4 m/min., modul detekce výpadku napájení, programovou paměť 1 GB, 15“ barevný LCD display, USB port, zámek paměti pro přední závěsný panel, tuhé řezání vnitřního závitu a velkoobjemový chladicí systém s kapacitou 208 litrů. Haas VF-4 je středně velké obráběcí centrum pro spolehlivé obrábění kovů s nejmodernějšími bezkartáčovými, energeticky úspornými servopohony, které zajišťují vyšší krouticí moment, výkon a dynamiku. Výkonné vektorové pohony vřetene a digitálně řízené servopohony zajišťují špičkový výkon a regulaci otáček při těžkém obrábění. [24][25]



Obr. 2.4-2 CNC vertikální obráběcí centrum Haas VF-4 [24]

## Technické parametry

- ✓ Pracovní pojezdy os X/Y/Z: 1270 x 508 x 635 mm
- ✓ Vzdálenost čela vřetene / plocha stolu: 102-737 mm
- ✓ Rozměry pracovního stolu: 1320 x 457 mm
- ✓ Počet/rozměr/rozteč T- drážek: 5 / 16mm / 80 mm
- ✓ Maximální zatížení stolu základního stolu: 1580 kg
- ✓ Typ vřetene: ISO40 / DIN69871
- ✓ Maximální otáčky vřetene: 8.100 ot./min.
- ✓ Maximální výkon: 22,4 kW, pohon Inline Direkt Drive
- ✓ Maximální krouticí moment 122 Nm
- ✓ Rychloposuvy os X/Y/Z: 25/25/25 m/min.
- ✓ Maximální pracovní posuv: 16 m/min.
- ✓ Výměník nástrojů: 20-ti polohový karuselový

## 2.5 Analýza stávajícího procesu

Stávající technologie opracování není zaměřená na produktivitu a sériovost výroby. Výroba byla koncepčně postavena a propočítána na malo-sériovou výrobu bez možnosti použití více strojové obsluhy. Tuto koncepci je nutné změnit z důvodu navýšení ročního množství výroby. Obráběcí procesy jsou rozděleny do dvou základních technologických operací. Operace soustružení a operace vrtání, závitování a frézování.

### Soustružení

Ložiskové víko se na stroji SPR100 (Obr. 2.5-1) upne do 4 - čelistového sklíčidla Bizon o průměru 250 mm. Tento upínací systém není volen záměrně. Na tomto stroji se obrábí odlitky, které z konstrukčních důvodů není možné opracovat v 3 - čelistovém sklíčidlu. Ložiskové víko pouze doplňuje výrobní kapacitu. Upnutí dílu nevyžaduje žádnou aretaci. Díl se upíná do tvrdých čelistí. Obsluha pouze díl dotlačí na dosedací dorazy a díl upne.



Obr. 2.5-1 - Soustruh SPR 100 CNC

Obsluha díl pouze soustruží dle daného programu. Díl změří, zkontroluje vizuální vady opracování a odlití dílu. Opracovaný a zkontrolovaný díl očistí vzduchovou pistolí. Hotový díl se uloží do ohradové palety. Proloží se síťovinou a je odeslán na další operaci. Celkový čas výroby této operace je 7,5 min.

### Vrtání, závitování a frézování

Pro opracování tohoto dílu se využijí všechny 4 osy, které stroj má. K finálnímu opracování na stroji HAAS VF4 (Obr. 2.5-2) slouží dva upínací systémy. První upínací systém je připevněn ke stolu frézovacího centra. Ruční 3 - čelist'ové sklíčidlo o průměru 210 mm upíná ložiskové víko za středový otvor 150A11 a polohovací doraz upevněný ke stolu centra. Druhý upínací systém je umístěn na dělicím zařízení. K tomuto dělicímu zařízení je připevněno ruční 3 - čelist'ové sklíčidlo s aretačním dorazem. Ložiskové víko je upnuto za středový otvor 150A11. Pouze v této poloze je možné na tomto centru drážku frézovat.



Obr. 2.5-2 CNC vertikální obráběcí centrum Haas VF-4

Obsluha zakládá díl postupně do jednotlivých přípravků. Složitostí upnutí se zvyšuje náročnost na vysoký vedlejší čas výměny dílu mezi jednotlivými operacemi. Tento způsob výroby nebyl modifikován více strojovou obsluhou. Zejména z důvodu nízkého strojního času a vysokého času výměny. Čas cyklu celé operace je roven 3,5 min.



### 3 Nová technologie

#### 3.1 Soustruh CTX Beta 800 counterspindel Y-axes

Společnost GMG MORI prezentuje v podobě svého stroje CTX beta 800 kompaktní, vysoce výkonné soustružnické centrum s koncepcí TWIN pro náročné 4osé kompletní obrábění tyčí, hřídelí a přírub. Toto centrum zpřístupňuje oblast 4osého produkčního soustružení pro střední spektrum obrobků o délce soustružení 735 mm a průměru 300 mm při obrábění přírubových dílů do 102 mm při kompletním obrábění tyčových dílců. Toto umožňují přímé pohony Direct Drive. Revolver je určen pro náročné soustružnické a frézovací operace s rychlým nástrojovým upínacím rozhraním TRIFIX. V kombinaci protivřeteno-koník je možné opracovávat díl ve 4osách nebo kombinace obrábění na hlavním vřetenu a na protivřetenu. Hlavní vřeteno může být volitelně vybavené integrovaným motorovým vřetenem v provedení ISM 76 nebo 102, zatímco na protivřetenu pracuje varianta ISM 76. Pro soustružnické operace poskytují obě vřetena v základním provedení až 5000 ot./min při krouticím momentu 360 Nm. <sup>[26]</sup>



Obr. 3.1-1 Soustruh CTX Beta 800 <sup>[27]</sup>



Tabulka 3 - Parametry stroje DMG CTX Beta 800 <sup>[27]</sup>

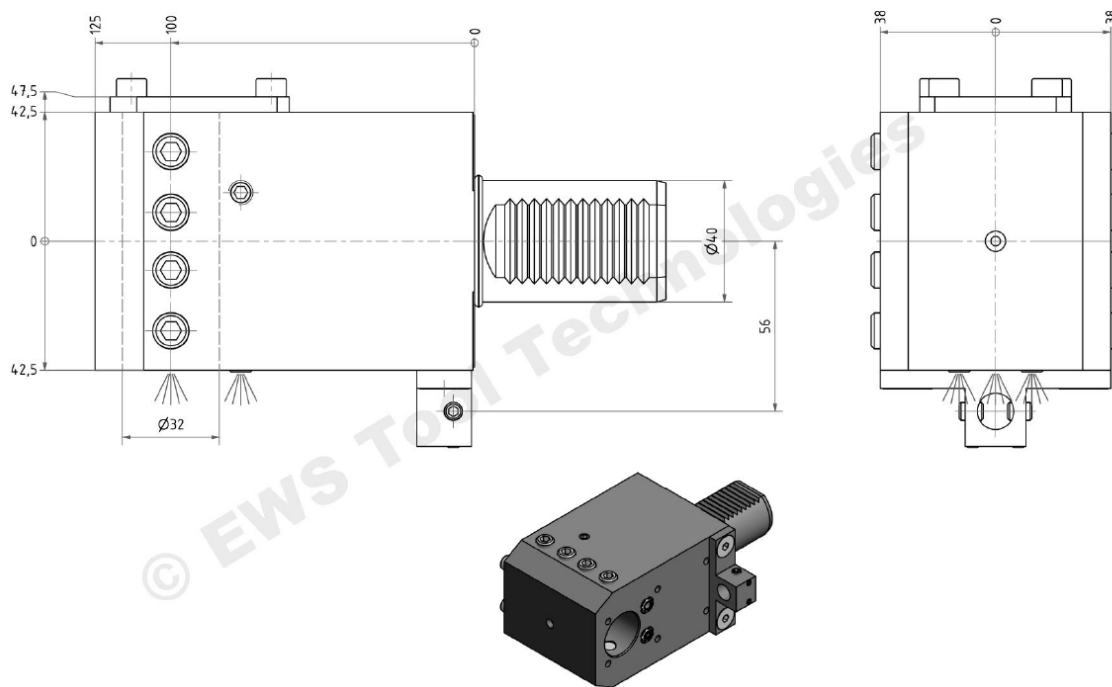
## GILDEMEISTER CTX BETA 800

### CNC soustružnické centrum

počet strojů:	1ks
řídící systém stroje:	SINUMERIK 840D
max. otáčky vřetene:	5 000 ot./min
max. rozměr obrobku:	Ø 350 mm
počet os stroje:	3 (x,z,y)
výrobce:	NĚMECKO
<i>poznámka:</i>	poháněné nástroje

### 3.2 Nástrojový list

Na univerzálním soustružnickém centru DMG Mori CTX Beta 800 slouží k upnutí nástrojových držáků revolverová hlava. Jedná se o bubnový typ revolverové hlavy pro upínání nástrojů po obvodu nikoliv z čela. Držáky mají stopky dle normy VDI 40 (obr. 3.2-1) kompatibilní s revolverovou hlavou Sauter VDI40.



Obr. 3.2-1 Držák vnitřního nože VDI40 <sup>[28]</sup>

Revolverová hlava značky Sauter je vybavena systémem Trifix. K držákům dle výrobce, v našem případě EWS, je možné dokoupit speciální kameny (obr. 3.2-2), které se aretují a dotáhnou k tělesu VDI držáku. Výrobce garantuje opakovatelnou přesnost upnutí do 0,01 mm. Tento systém je poměrně nákladný, pro statické nástroje u našeho dílu není potřebný. Vysoká přesnost polohy upínače není podstatná.



Obr. 3.2-2 Trifix systém na držáku <sup>[29]</sup>

Hlavní přínos Trifix systému pro naši aplikaci by bylo upnutí poháněných nástrojů. Obsluha stroje musí při seřízení kontrolovat geometrii poháněného nástroje. Rovnoběžnost s Z-osou musí být maximálně do 0,01 mm na celé délce držáku.

Nástrojový list (tab. 4) navržený pro produktivní opracování ložiskového víka obsahuje: dva základní statické držáky pro vnější soustružení, tři statické držáky pro vnitřní soustružení, dva radiální poháněné nástroje pro vrtání a závitování a jeden axiální poháněný nástroj pro frézování.

Tabulka 4 - Nástrojový list

Nástroj	Těleso	VDI Držák DIN 69880	Kleština	VBD
<b>T1</b>	MWLN 2525M-08W Iscar	D1-40 x 25 BIZON	-	WNMA 080412; IC 5005 ISCAR
<b>T2</b>	A40T MWLN 08W Iscar	17.4040 CTX EWS	-	WNMA 080412; IC 5005 ISCAR
<b>T3</b>	MWLN 2525M-06W Iscar	D1-40 x 25 BIZON	-	WNMA 06T308; IC 5005 ISCAR
<b>T4</b>	A32S MWLN 06W Iscar	17.4032 CTX EWS	-	WNMA 06T308; IC 5005 ISCAR
<b>T5</b>	GHIL 32-4 Iscar	17.4032 CTX EWS	-	GIPI 3.00E-0.40 ISCAR
<b>T6</b>	Vrták SK Speciál	60.4032 CTXLIK EWS	ER32 Ø12-Ø11	Vrták SK s vnitřním chlazením Ø10,2-Ø12 – 3D
<b>T7</b>	Závitník M12 – DIN371 Narex	60.4032 CTXLIK EWS	ER32 - čtyřhran	Závitník M12 – neprůchozí GARANT, 134851
<b>T8</b>	Fréza SK Ø12 – 4-břítá Pramet	40.4032 CTXIK EWS	ER32 Ø12-Ø11	12E6R75-25A12 KIVA PRAMET

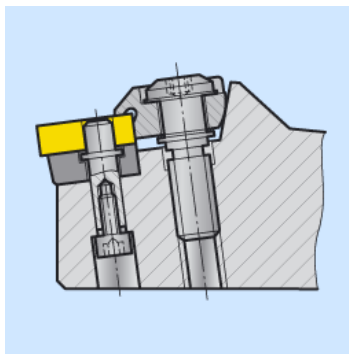
### Držáky řezných nástrojů

Řezný nástroj musí být navržený tak, aby splňoval konstrukční a technologické požadavky na opracování. Důležitým faktorem, který je ovlivněn konstrukcí nástroje, je tuhost. Technologicky významný faktor řezná rychlost a posuv ovlivňuje zejména jakost opracování. Správnost volby nástroje ukáže až výrobní proces. Pokud je

technologie navržena vhodně, bude proces stabilní. Stabilita procesu se ověří při prvním testování.

Soustružnické nože pro hrubování a dokončování vnější a vnitřní kontury mají dle svého označení systém upnutí VBD M (Obr. 3.2-3). Upínací systém obsahuje podložku, upínací šroub, středící čep a těleso upínky.

Systém M se vyznačuje tuhým upnutím destičky přitlačnou upínkou a přesným uložením na osu čepu. Šedá litina tvoří při opracování elementární třísku. Tento upínací systém je pro naši aplikaci nejvhodnější. Nehrozí zde tvorba dlouhé třísky, která by se mohla při řezu odtlačit o upínku zpět do řezu.



Obr. 3.2-3 Upnutí nože VBD M<sup>[30]</sup>

Zapichovací nástroj (Obr. 3.2-4) má velice podobný systém upnutí. Těleso nože svírá VBD přes upínací šroub. Optimální tuhost nástroje zaručíme minimálním vyložení od revolverové hlavy a maximálním průměrem stopky nástroje.

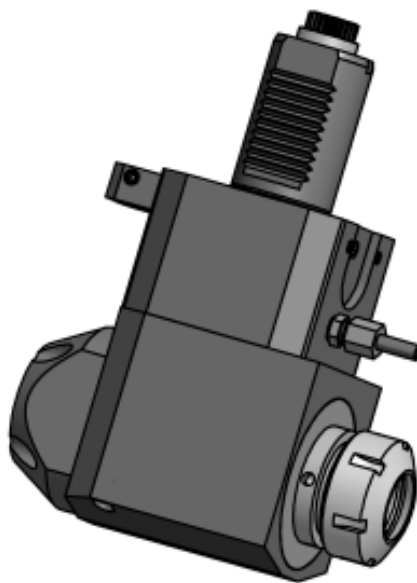


Obr. 3.2-4 Zapichovací nástroj<sup>[31]</sup>

Nástroje pro vrtací, závitovací a frézovací operace jsou upnuty do kleštiny, která je součástí poháněného nástroje. Vrtací a závitovací držák má přímé provedení neboli axiální (Obr. 3.2-5). Poháněný nástroj pro frézování má provedení radiální (Obr. 3.2-6). Tyto držáky mají možnost vnitřního a vnějšího chlazení. Vnitřní chlazení použijeme pro vrták, který má ve svém karbidovém těle dva chladicí kanálky. Vnitřní chlazení pomůže odvodu třísky z řezu a významně ovlivní životnost nástroje.



Obr. 3.2-5 Axiální poháněný nástroj <sup>[32]</sup>

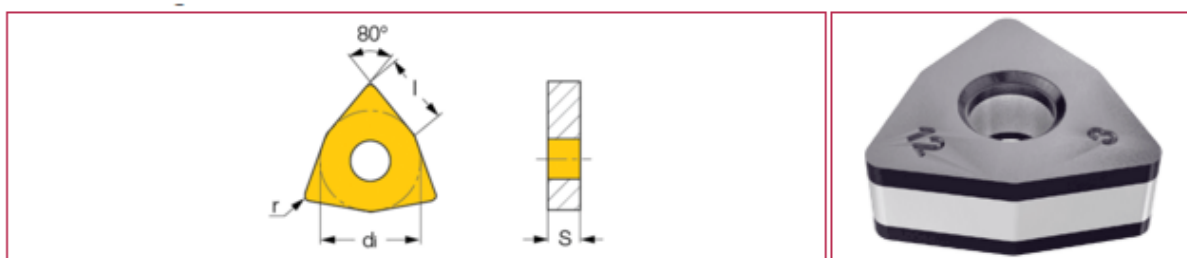


Obr. 3.2-6 Radiální poháněný nástroj <sup>[33]</sup>

## Řezné nástroje

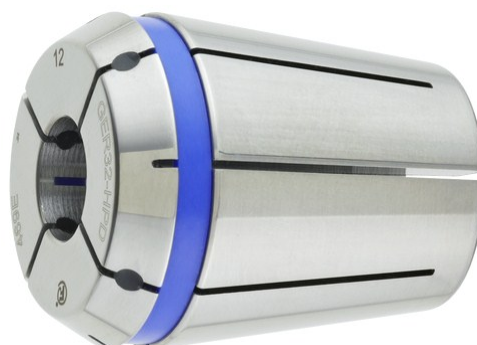
Mají majoritní vliv na jakost opracování, stabilitu a nákladovou stránku obrábění. Nástroje jsou zvoleny s negativní geometrií. Destičky jsou oboustranné, čímž nám vzroste počet řezných hran a proces není tak nákladný.

Hrubovací a dokončovací VBD mají tvar W neboli trigon. Geometrie má tvar uzpůsobený pro soustružení ve směru osy Z i osy X. Celé označení WNMA vyplývá z ISO označení VBD dle katalogu výrobce. W znamená tvar, N určuje úhel hřbetu, S značí přesnost destičky a A provedení (Obr. 3.2-7). Provedení VBD je bez utvářeče. Bez utvářeče nám roste řezný odpor, ale tento fakt není podstatný v případě našeho tuhého upnutí. Havárie zde nehrozí. Provedení VBD iniciuje do místa řezu maximum slinutého karbidu. Řezná hrana bude lépe snášet teplotní zátěž na břitu během řezu.



Obr. 3.2-7 Geometrie VBD s označením WNMA <sup>[34]</sup>

Vrtání otvorů pro závity M12 provedeme speciálním vrtákem ze slinutého karbidu o průměru 10,2 mm se sražením 45 stupňů na průměr 12 mm. Tímto speciálním vrtákem rovnou vytvoříme náběžnou hranu na vyvrtaném otvoru v jedné operaci. Vrták je vyroben s vnitřním chlazením. Poháněným nástrojem je do stopky vrtáku přiváděna chladicí emulze. Pro optimální těsnost a maximální tlak chladicí emulze použijeme utěsněnou kleštinu ER32. V CNC programu budeme volit při nastavení vrtacího cyklu vrtání bez vyjíždění.



Obr. 3.2-8 Utěsněná kleština <sup>[35]</sup>

Na závitování otvorů M12 použijeme standardní závitník M12 z HSS materiálu dle normy DIN 371. Závitník má drážky ve šroubovici, tudíž se může použít i do neprůchozích otvorů, v našem případě můžeme použít i závitník s přímými drážkami. Pro zjednodušení procesu výroby v praxi použijeme neprůchozí závitník používaný ve firmě ZLKL na více aplikací. Závitník je dostupný v nástrojovém toolboxu a obsluha si může kdykoliv nástroj vyměnit. K chlazení závitníku použijeme vnější chladicí okruh poháněného nástroje. Odolnost závitníku proti protočení v upnutí zajišťuje kleština ER32 s vnitřním čtyřhranem. Stroj je vybaven obcí pro synchro-závitování. Není zde třeba použití pouzdra pro délkové vyrovnání.

### **3.3. Časová studie opracování**

Před samotným opracováním je potřeba si stanovit reálný cíl časové úspory. Výrobní čas staré technologie známe. Nyní je třeba vyčíslit čas výroby jednoho dílu neboli čas cyklu na nové technologii.

Nástroj pro velmi jednoduché určení času cyklu je nazýván časová studie. Do tabulky uvedeme zvolené nástroje. Dále k nástrojům přiřadíme úkony, které musí stroj vykonat pro výrobu dílu. Veškeré výpočty vychází ze základních vzorců pro výpočet strojních časů.

Tabulka 5- Časová studie opracování

	Popis operace	Vnější průměr	Vnitřní průměr	Střední průměr	Délka řezu	Počet řezů	Řezná rychlost	Otáčky	Posuv na otáčku	Minutový posuv	Nevýrobní čas	Celkový výrobní čas	Čas řezu	Čas cyklu
		d1	d2	d <sub>m</sub>	l		v	n	f	v <sub>r</sub>	t <sub>r</sub>	t <sub>g</sub>	t <sub>r</sub>	t <sub>c</sub>
		mm	mm	mm	mm		m/min	1/min	mm/rev	mm/min	min	min	min	min
	Upnutí dílu na rysku											0,10		
	Přeupnutí dílu - aretace											0,40		
T1	Hrubování čela	265	210,5	237,8	27,25	2	200	268	0,3	80	0,05	0,10	0,68	0,78
	Hrubování průměru 210 f8	212	212	212	11	1	200	300	0,32	96	0,05	0,05	0,12	0,17
		210,5	210,5	210,5	11	1	200	303	0,32	97	0,02	0,02	0,12	0,14
	Hrubování čela - sraž. 1x45 st.	213	191	202	11	1	200	315	0,25	79	0,05	0,05	0,14	0,19
T2	Hrubování průměru 150 A11	149,5	149,5	149,5	24	1	220	469	0,3	141	0,05	0,05	0,18	0,23
T3	Dokončování čela	262	210	236	26	1	220	297	0,2	59	0,05	0,05	0,44	0,49
	Dokončování průměru 210 f8	210	210	210	9	1	250	379	0,1	38	0,02	0,02	0,24	0,26
	Dokončování čela - sraž. 1x45 st.	210	193	201,5	8,5	1	220	348	0,2	70	0,02	0,02	0,13	0,15
T4	Dokončování průměru 150 A11	150	150	150	24	1	250	531	0,15	80	0,05	0,05	0,31	0,36
T5	Zápich šířka 3 mm - sražení	154	146	150	4	3	120	255	0,08	20	0,07	0,21	0,59	0,80
T6	Vrták 10,5	10,5	10,5	10,5	19	4	85	2578	0,12	309	0,03	0,12	0,25	0,37
T7	Závitník M12	12	12	12	38	4	12	318	1,75	557	0,06	0,24	0,28	0,52
T8	Frézování drážky	12	12	12	19	7	90	2389	0,12	287	0,02	0,14	0,47	0,61
	PLC komunikace										0,03	0,03		0,03
	Výměna dílu/údržba stroje										1,2	1,20		1,20
	Total Cycle Time											2,85	3,95	6,80
												6,80 min.	408,0 sec.	

Strojní čas se vypočítá ze vztahu <sup>[36]</sup>:

$$t_{as} = \frac{L}{v_f} = \left( \frac{l_n + l + l_p}{n \cdot f} \right) \quad [3.1]$$

t <sub>as</sub>	strojní čas [min]
L	celkové výrobní a nevýrobní dráhy [mm]
n	otáčky [ot/min]
v <sub>f</sub>	posuvová rychlost [mm/min]
l <sub>n</sub>	dráha náběhu [mm]
l	řezná dráha [mm]
l <sub>p</sub>	dráha přeběhu [mm]
f	posuv [mm/ot]



Dle vztahu 3.1 jsou dopočteny jednotlivé výrobní i nevýrobní dráhy stroje. Dráhy náběhů a přeběhů  $l_n$  a  $l_p$  se mění dle závislosti na prováděný úkon. Hrubovací nástroje budou mít tyto dráhy větší, zejména z důvodu přesazení odlitku. Dokončovací nástroje mají povrch předpřipravený a není zde nutné volit větší bezpečnou vzdálenost.

Řezné parametry  $v_c$  a  $f$  jsme nastavili dle doporučených intervalů na krabičce od VBD. Hloubku řezu volíme dle známých přídavek na odlitku. Největší přídavek je na čele dílu. Zde volíme dvě hrubovací třísky.

K nastavení vedlejší časů se dostaneme až v kapitole vlastní opracování. Vedlejší časy se významně podílí na celkovém času cyklu. Jde hlavně o časy: upnutí, přejezdy na výměnu nástroje, údržba stroje a aretace. Ložiskové víko nemá na straně dorazu u vřeteníku žádnou vhodnou plošku pro aretaci na vrtání a frézování. Proto zde musíme počítat i s časem na polohování dílu.

### 3.4 Technologický postup a kontrolní plán

Pro sériovou výrobu je nutné stanovit pravidla, která musí operátor výroby dodržovat. Technologický postup je interní dokument, podle kterého je jednoznačně dáno, co vše je nutné dodržovat během výroby a jak postupovat při upínání, měření, značení a balení.

Technologický postup pro opracování ložiskového víka můžeme rozdělit do těchto základních bodů:

**Instrukce k výrobě** - upínání do 3 - čelistového sklíčidla s tvrdými čelistmi. Obsluha je povinna dbát na orientaci dílu v upnutí dle instrukcí seřizovače. Obsluha otevře bezpečnostní dveře a díl upne. Zavře dveře a spustí příslušný CNC program pro daný typ dílu. Opracovaný díl ofoukne a vyjme z upnutí. Na hotovém dílu obsluha srazí hrany na povrchu i v dutinách.

**Uvolnění výroby** - uvolnění výroby probíhá po kontrolním 3D OK měření a separaci neshodných dílů. Za uvolnění dílu zodpovídá obsluha 3D.

**Instrukce k měření** - na prvním OK dílu obsluha změří délky a průměry dle KP. Každý průměr se změří minimálně ve dvou rovinách. V těchto rovinách se změří minimálně dvě osy. Tímto obsluha vyhodnotí kruhovitost, válcovitost a kužel na opracovaných plochách. Provede případné úpravy programu, pokud je díl NOK. V sériové výrobě se měří pouze průměry a délky uvedené v KP. Obsluha je povinna změřit každý kus dle kontrolního plánu v TP. Vizuální kontrola porezity dílu.

**Značení dílů** - na opracovaný díl vyrazí obsluha své osobní číslo. Místo pro označení: na neopracované čelo, dle výkresu na levé straně.

**Postup v případě neshody** – v případě zjištění neshody na dílu, je obsluha povinna oznámit tuto neshodu směnovému mistrovi. Mistr sjedná nápravu.

**Manipulace s díly a balení** - čistý a důkladně ofoukaný díl obsluha uloží do ohradové palety. Jednotlivé vrstvy se musí prokládat síťovinou. Na dně ohradové palety musí být kartonový papír. Uložení do palety 6 x 12 ks vrstva. Obsluha paletu označí průvodní kartou.

**Výbava pracoviště** - povinností obsluhy je zajistit si příslušná měřidla a nástroje pro výrobu.

Kontrolní plán zajišťuje řízenou separaci NOK kusů z výroby. Jedná se zejména o odlitky, které vykazují po opracování porezitu. Další možnou příčinou výroby NOK dílu je nehomogenita materiálu. Všechny polotovary nemají stejnou tvrdost. Tvrdost velmi významně ovlivňuje trvanlivost VBD. Může dojít i k lomu řezného nástroje. Nástroj pro zapichovací operace je na opotřebení nejnáchylnější. Obsluha musí vizuálně zkontrolovat opracování a změřit rozměr zápichu. Kontrolní plán pro opracování ložiskového víka dle tabulky 6 je součástí TP.

Tabulka 6 - Kontrolní plán

Rozměr	Měřidlo	Četnost	Záznam	Zodpovídá
<b>Ø150 A11</b>	posuvné měřidlo dig. 0-200 mm	každý ks	-	obsluha
<b>Ø154±0,2</b>	zápichové měřidlo dig. 0 – 200 mm	každý ks	-	obsluha
<b>Ø210 f8</b>	měřicí tyč s indikátorem a kalibr	každý ks	-	obsluha
<b>8 (+0,3;+0,2)</b>	hloubkoměr dig. 0 – 300 mm	každý ks	-	obsluha
<b>3±0,2</b>	sada koncových měrek	každý ks	-	obsluha
<b>12 (+0,5)</b>	posuvné měřidlo dig. 0-200 mm	každý ks	-	obsluha
<b>M12</b>	závitový kalibr M12-6H	každý ks	-	obsluha

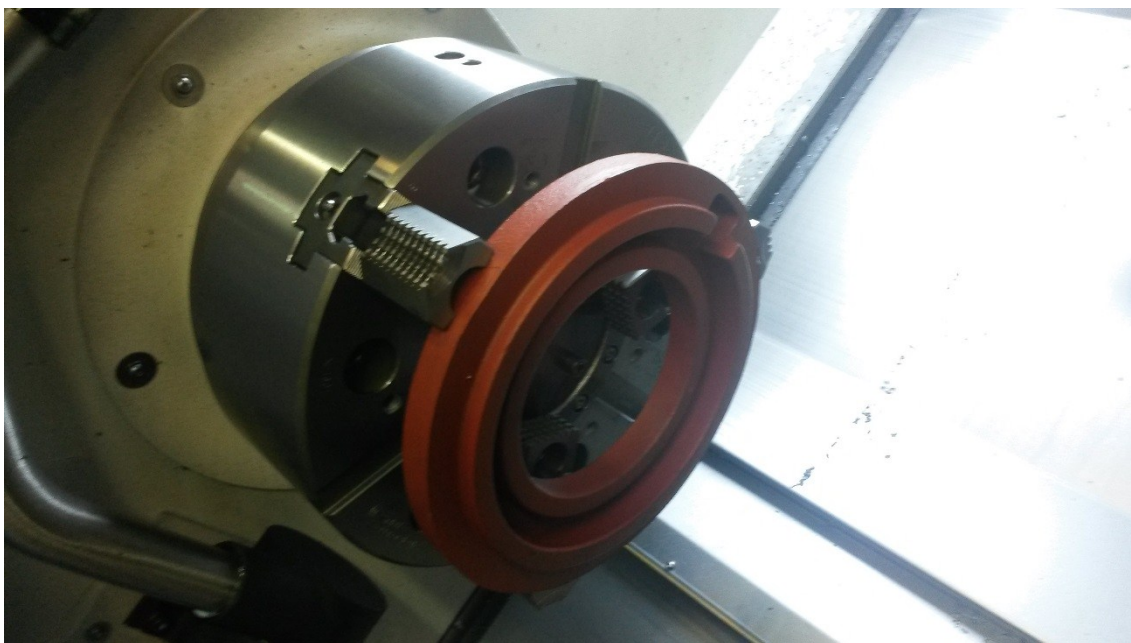
## 4 Testování nové technologie ve výrobě

Testování primárního návrhu technologie opracování proběhla za 14 dní od objednání nástrojů dle nástrojového listu. Nástroje byly dodány na test opracování dílu. Firma ZLKL má dohodu s firmou Iscar ČR, která je povinna dodat nástroje na dodací list bez faktury. Nástroje jsou fakturovány až po úspěšném odzkoušení technologie. Tato smlouva podstatně zvýhodňuje zákazníka. Investiční náklady jsou rozmělněny do delšího časového intervalu a tento fakt má pozitivní vliv na Cash-Flow. Technologie je dodána na klíč. Pokud jakýkoliv nástroj nevyhovuje pro opracování, může ZLKL nástroj vrátit a vyměnit za jiný.

### 4.1 Popis opracování dílu

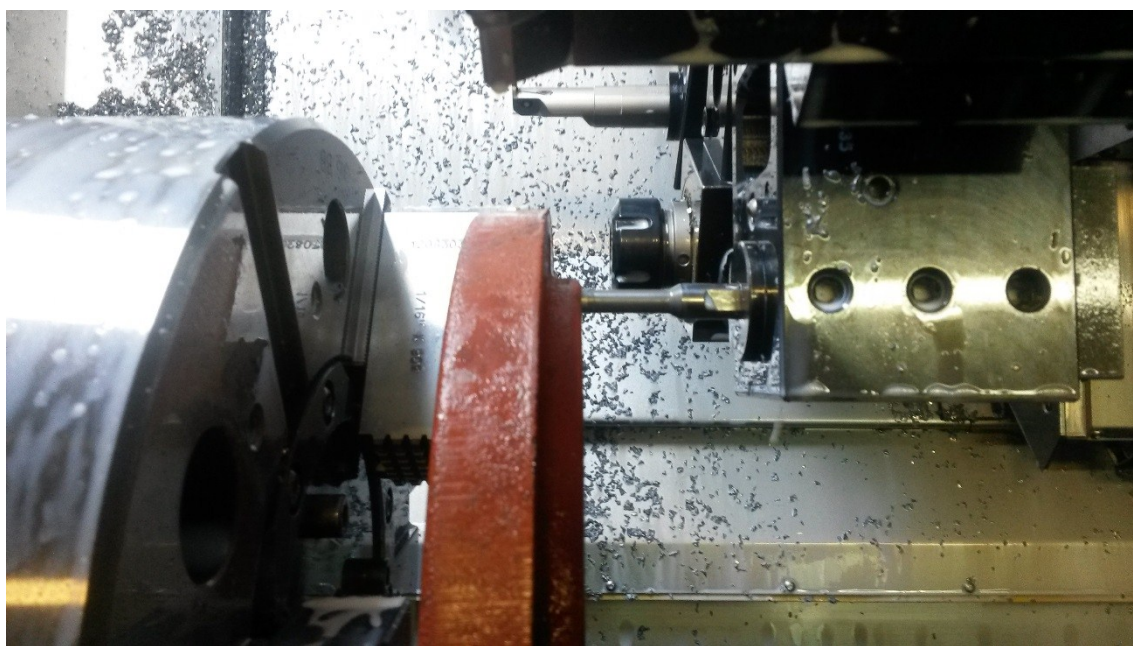
Jako hlavní upínací systém na soustruhu CTX Beta 800 slouží 3 - čelist'ové sklíčidlo BH-D 315 mm. Upínací tlak vzhledem k tuhosti odlitku byl stanoven na hodnotu 17 barů. Upínací průměr 260 mm je stejný jako při opracování na stroji SPR100. Byly použity tvrdé čelisti dodané přímo ke sklíčidlu firmou SMW Autoblok. Doraz pro Z osu je přímo čelist, která je osazená. Seřízení upnutí je velmi rychlé. Odlitky nejsou přesazené více jak 1 mm. Házení dílu není větší jak 2,5 mm. Hrubovací třísky vzhledem k přesazení a přídavkům na obrábění budou naprogramovány dle stanovené časové studie.

Stav upnutí na Obr. 4.1-1 je tzv. primární upnutí, kdy obsluha díl založí do sklíčidla a nastaví předlitou kapsu pro úhlovou aretaci do stejné polohy jako ryska na sklíčidlu.



Obr. 4.1-1 Upnutí dílu

Jakmile se díl upne a ručně polohuje, obsluha zavře dveře stroje a spustí CNC program pro přesné polohování dílu. Při spuštění si revolverová hlava najede do definované pozice k dílu (Obr. 4.1-2). Obsluha otevře dveře stroje a díl odepne. Uvolněný díl natočí na čep upnutý v držáku revolverové hlavy a znovu díl upne. Zavře dveře a spustí CNC program pro opracování dílu.



Obr. 4.1-2 Aretace dílu při sekundárním upnutí

Celý CNC program na prvním dílu byl simulován v dialogovém programování Siemens Shop-Turn. Pro korekci nástrojových drah a kontrolu kolizních míst. Po úspěšné simulaci jsme přikročili k vlastnímu opracování při zpomalených posuvech stroje a funkci singl block. Tato funkce zajišťuje zastavení programu po každém pohybu stroje. Seřizovač si takto zkontroluje možné chyby v programu a v případě přejezdu do kolize zabrání stroji v dalších pohybech.

Vyrobený díl byl přeměřen u stroje dle TP a kontrolního plánu. Takto zkontrolovaný byl předán na oddělení kvality pro kompletní kontrolu včetně polohy a geometrie obrobku.

Po úpravě a korekci rozměrů se zahájí sériová výroba. Řezné podmínky v CNC programu byly nastaveny dle časové studie. Na druhém dílu při průběhu CNC programu bez zpomalení jsem změřil reálný strojní čas a čas výměny + aretace:

$$T_{as\ strojní} = 3,74\ min$$

$$T_{bc\ výměny+aretace} = 1,9\ min$$

$$T_c = T_{as\ strojní} + T_{bc\ výměny+aretace} + T_{b\ údržbaseřizení} = 3,74 + 1,9 + 1 = 6,64\ min$$

K těmto časům je potřeba připočítat vedlejší čas údržby stroje, seřízení na začátku směny a úklid na konci směny. Cyklový čas  $t_c$  je výchozí doba výroby, za kterou musí obsluha stroje díl vyrobit.

Seřízený stroj dále obráběl díly do konce pracovní směny. Obsluha nemusela ani jednou po zbytek směny zasahovat do korekcí. Rozměry s rostoucím opotřebením nástrojů nekolísaly.

Technologie je nastavena správně a není potřeba jakékoliv úpravy. Celý proces je stabilní.

## 4.2 CNC program

Obráběcí program byl napsán přímo na stroji v dialogovém programování Siemens 828D Shop-Turn. Pro opracování kontury obsluha využívá přednastavené obráběcí cykly pro podélné, příčné hrubování i dokončování.

Samotný CNC program přeložený ze stroje do textového editoru není dobře čitelný. Nelze zde jednoznačně přečíst pohyby nástroje a nastavené řezné podmínky jako třeba u programování G-kódem.

```
GROUP_BEGIN(0,"serizeni",0,0);*RO*
```

```
;G54 z=216.656 c4=27.5
```

```
;tvrdecelistizasunute 2 zuby, upnout a dorazit na poslední schod
```

```
;17 bar
```

---

```

F_ROUGH("hrub. NŮŽ
x05", "", 2,0.3,3,400,2,0,54273,5,225,90,6,90,190,90,0,90,190,90,0,90,0,0,0,0,2,0,0.05,0,
90,90,0,0,0);*RO*
F_ROUGH("hrub. NŮŽ
x05", "", 2,0.3,3,350,2,0,54273,5,262,90,0.5,90,210.2,90,-8,90,210.2,90,-
8,90,0,0,0,0,2,0.1,0.05,0,90,90,0,0,0);*RO*
F_ROUGH("hrub. NŮŽ
x05", "", 2,0.4,3,450,2,0,54274,1,262,90,0.5,90,210.1,90,-7.6,90,210.1,90,-
7.6,90,0,0,0,0,2,0.1,0.05,0,90,90,0,0,0);*RO*
F_ROUGH("hrub", "", 2,0.2,3,450,2,0,54274,5,215,90,3,90,190,90,0,90,190,90,0,90,0,0,
0,0,3,0,0,0,90,90,0,0,0);*RO*
F_ROUGH("hrub", "", 2,0.2,3,450,2,0,54274,5,262,90,3,90,210.2,90,-8.21,90,210.2,90,-
8.21,90,0,0,0,0,2.5,0,0,0,90,90,0,0,0);*RO*
F_ROUGH("hrub", "", 2,0.11,3,1000,1,0,44034,1,212,90,0,90,209.95,90,-
8.11,90,209.95,90,-8.11,90,0,1,0,0,2,0.05,0.05,1,90,90,0,1,0);*RO*
F_CONFIG(49283312,,,,,280,5,100,-30,,,,,2053,,);*RO*
F_ROUGH("HRUBOVACÍ NŮŽ D100 x02", "", 3,0.35,3,420,2,0,54273,3,135,90,-
2,90,150,90,-28,90,150,90,-28,90,0,0,0,0,4,0.2,0,0,90,90,0,0,0);*RO*
F_ROUGH("vnitřní NŮŽ dokončovací x03", "", 3,0.12,3,350,2,0,54274,3,145,90,-
2,90,150.5,90,-28,90,150.5,90,-28,90,0,0,0,0,3,0.2,0,0,90,90,0,0,0);*RO*
F_CONFIG(1123026032,,,,,250,1,148,,,,,0.8,,,,,2053,,);*RO*
F_GROOV("ZAPICHOVÁK_3mm.", "", 1,0.145,3,215,2,0,26033,3,150,90,-
7.6,90,3,2,0,0,0,0,4,0,0,0,4,0.2,3,-6,1,3,2,0,1,151.6,-7.625,154,,0,0,0,0,0);*RO*
F_CONFIG(49283312,,,,,280,5,100,-30,,,,,2053,,);*RO*
F_DR(1,0,0,"VRTÁK D10.2", "", 1,0.1,3,5000,1,100002,20,91,0,1,8);*RO*
F_DR_TAP(1,0,0,"ZÁVITNÍK
M12", "", 1,1.75,10,300,1,200002,22,91,0.07874,0.63662,,,,-
1,,42,40,3,800,"ISO_METRIC", "M12",0);*RO*
_E_P001: F_PS_SEQ(1,0,0,1002,0,-8,90,47.2,90,116,90,-42.8,90,116,90,-
132.8,90,116,90,-222.8,90,116,90,,0,,0,,0,,0,,0,,0,,0,0,1);*RO*
g0 z200
F_SL_LON(4,0,0,"FRÉZA
D12", "", 1,0.03,2,7000,1,100001,9,0.02,0,130,90,7,91,2,0,0,90,-
4,90,179,56,12.25,90,0,0,1,0,0,1,2,91);*RO*
g0 z20

```

---

F\_TS("DORAZ",,1,,0,1,5,,,0,0,0,0);\*RO\*

c4=0 ;27.5

g0 x210 z20

g0 x210 z11 fl

m0

g0 z50

m30

F\_END(0,1,0);\*RO\*

M30 ;#SM;\*RO\*



## 5 Technicko-ekonomické zhodnocení

V rámci získaných dat z výroby ložiskového víka jsem stanovil technicko-ekonomické zhodnocení pro varianty stará technologie a nová technologie. Porovnáním těchto výpočtů se jednoznačně určí peněžní úspora.

Původní roční potřeba ložiskových vík byla 500 ks/rok. Tento počet dílů byl naplánován na technologie soustruh a frézka. ZLKL objednalo u slévárny celou roční potřebu a díly obrobilo na jednu výrobní dávku. Zákazníkovi se pak dodávaly obrobky ze skladu dle jeho aktuálních potřeb. Ovšem prodej výrobků obsahující ložiskové víko 5krát vzrostl. Stávající roční potřeba je tedy 2500 ks/rok. Výroba bude probíhat opět na jednu výrobní dávku. Tento vzrůst potřeby vedl ke změně technologie.

Tabulka 7 - Srovnání technologií

	<b>SPR100 + VF4</b>	<b>DMG CTX Beta 800</b>
<b>Cena opracování</b>	250 Kč	250 Kč
<b>Odpis stroje</b>	44 + 70 Kč/hod	120 Kč/hod
<b>Nepřímé náklady</b>	50 Kč/hod	50 Kč/hod
<b>Hrubá mzda zaměstnancům</b>	105 Kč/hod	105 Kč/hod
<b>Cyklový čas</b>	11 min	6,64 min

Ze srovnání obou variant opracování vyplývá, že cena opracování je stále stejná. Tento fakt, se ale určitě změní. Pokud vzroste roční potřeba dílů takto razantně, obrátí se na ZLKL oddělení nákupu zákazníka a bude požadovat slevu. Zatím tak neučinilo. Hodinové odpisy strojů, nepřímé náklady a mzdy jsou neměnné pro obě varianty.

Nejdůležitějším faktorem úspory je tedy čas cyklový. Na Soustruhu DMG CTX Beta je výroba o cca 5 minut rychlejší než na staré technologii. Hodinové sazby obou variant jsou odlišné.

Tabulka 8 - Hodinové sazby strojů

	<b>SPR100 + VF4</b>	<b>DMG CTX Beta 800</b>
<b>Cyklový čas</b>	11 min	6,64 min
<b>Počet hotových kusů za směnu</b>	40 ks	67 ks
<b>Plánovaná hodinová sazba stroje</b>	1 100 Kč/hod	1 200 Kč/hod
<b>Reálná hodinová sazba stroje</b>	1 250 Kč/hod	2 250 Kč/hod

Za jednu směnu, která má 450 minut, vyrobí dělník určitý počet dílů. Jelikož známe cenu dílu, dopočítáme hodinovou sazbu stroje. Ta vychází u nové technologie velmi dobře. Je velmi pravděpodobné, že cena za opracování bude snížena zákazníkem. Obrobna si před koupí stroje musí navrhnout hodinovou sazbu stroje. Sazba je postavena tak, aby pokryla režijní zátěž firmy. Pokud nebude stroj schopný díl rychle opracovat nebo bude cena opracování nízká. Nesplní díl požadovanou hodinovou sazbu a tím není vhodný pro výrobu na dané technologii.

Průběžná doba výroby je tedy podstatně rychlejší, tím se šetří mzda dělníka a otevírají se nové volné strojní kapacity na starých technologiích. Dle tabulky 9 vychází časová úspora nové technologie 7,57 dne.

Tabulka 9 - Časová úspora

	<b>SPR100 + VF4</b>	<b>DMG CTX Beta 800</b>
<b>Cyklový čas</b>	11 min	6,64 min
<b>Počet hotových kusů za směnu</b>	40 ks	67 ks
<b>Počet kusů za rok</b>	2 500 ks	2 500 ks
<b>Potřebný čas na výrobu dílů</b>	19,1 dne	11,53 dne

Největší úsporou změny technologie je urychlení procesu výroby. Firma nemusí platit dělníkovi 7,57 dne, aby mohla zakázku realizovat. Výše úspory dle Tabulky 10 je značná. Šetří se téměř jeden měsíční plat dělníka.

Tabulka 10 - Velikost úspor

	<b>DMG CTX Beta 800</b>
<b>Počet ušetřených hodin</b>	169 hod
<b>Náklady na hodinovou mzdu dělníka</b>	140,7 Kč
<b>Velikost úspory</b>	23 778 Kč

## 6 Závěr

Cílem bakalářské práce je rozklíčovat technologické možnosti opracování ložiskového víka. Stanovit si postup, poučit se z předchozího způsobu opracování. Vytyčit si cíle a těchto cílů se držet. Technika je věda, která neodpouští žádnou chybu a jakákoliv nahodilá chyba se ihned promítne do celkového výsledku.

Nejdůležitější podkladem pro správný způsob návrhu technologie je časová studie. Zhodnocení celé situace dle časové studie přineslo teoretický podklad k reálným úsporám na dílu. Nyní je celkový čas výroby dílu 6,64 min ve srovnání se stávající technologií, která obsahovala dvě technologické operace, soustružení 7,5 min a frézování 3,5 min. Tato časová úspora přinesla firmě úsporu 23 778 Kč na mzdách zaměstnancům. Celková úspora bude mnohem vyšší. S novou technologií byly z režijních nákladů odstraněny prostoje při seřízení na druhou operaci a snížilo se riziko výroby neshodného dílu. Odkryla se nová strojní kapacita pro soustruh a centrum. Tyto technologie dále mohou firmě zvyšovat zisk.

Celá stávající koncepce se ještě dá zlepšit. Proces je stabilní a řezné nástroje nejsou během jedné směny významně opotřebeny. Při zvýšení řezných podmínek na hrubování se čas sníží, ale hrubovací nástroj se bude muset v půlce směny otáčet. Na vedlejších časech může firma také ušetřit. Dvojí upínání odlitku navyšuje upínací čas. Pokud by se do držáku revolverové hlavy upnul aretační doraz, který bude obsluha moci zasunout, díl si postavit do upnutí a doraz vysunout, odpadne z celého procesu primární upínání a celý proces se opět zrychlí.

Nejlepší možností, jak celý proces zefektivnit, je varianta dvou strojové obsluhy, tzn. investovat do nového stroje nebo postavit k DMG CTX Beta stroj se stejným řídicím systémem. Obrábění na dvou strojích snižuje hodnotu opracování obou dílů. Z hlediska sociální stránky je lepší obsluze nabídnout více peněz za dvou strojovou obsluhu než snižovat čas cyklu při obsluze jednoho stroje.

## 7 Seznam použité literatury

- 1) URL: [http://uvp3d.cz/drtic/?page\\_id=2835/](http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2835/)> [cit. 2016-03-23]
- 2) URL: <http://techstroj.g6.cz/T/T11.pdf>> [cit. 2016-03-23]
- 3) URL: [http://utopm.fsid.cvut.cz/podklady/ON/2013\\_4\\_Upinaci%20systemy\\_britovyc\\_h\\_desticek.pdf](http://utopm.fsid.cvut.cz/podklady/ON/2013_4_Upinaci%20systemy_britovyc_h_desticek.pdf)> [cit. 2016-03-23]
- 4) URL: <http://docplayer.cz/4872138-Obrabeni-je-technologicky-proces-kterym-se-vytvari-pozadovany-tvar-obrabeneho-predmetu-obrobku-v-danych-rozmerech-a-v-danem-stupni-presnosti-a.html>> [cit. 2016-03-23]
- 5) URL: <http://www.kitagawaeurope.cz/manuln-sklidla/3-jaw-scroll-chucks/jnt/jn06t/>> [cit. 2016-03-23]
- 6) URL: <http://techstroj.g6.cz/T/T16.pdf>> [cit. 2016-03-23]
- 7) URL: <http://zoei.sssebrno.cz/frezovani-rovinnych-ploch/>> [cit. 2016-03-23]
- 8) URL: [http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta\\_Technologie\\_II\\_2dil.pdf](http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_2dil.pdf)> [cit. 2016-03-23]
- 9) URL: [http://www.strojka.opava.cz/UserFiles/File/\\_sablon/Praxe\\_II\\_a\\_III/VY\\_52\\_I\\_NOVACE\\_H-02-20.pdf](http://www.strojka.opava.cz/UserFiles/File/_sablon/Praxe_II_a_III/VY_52_I_NOVACE_H-02-20.pdf)> [cit. 2016-03-23]
- 10) URL: <http://slideplayer.cz/slide/2916685/>> [cit. 2016-03-23]
- 11) URL: <http://www.mmspektrum.com/clanek/upinace-stopkovych-nastroju.html>> [cit. 2016-03-23]
- 12) URL: [www.macmatic.cz/prislusenstvi/tepelne.../tepelny-upinac-isf-400-detail/](http://www.macmatic.cz/prislusenstvi/tepelne.../tepelny-upinac-isf-400-detail/)> [cit. 2016-03-23]
- 13) URL: [http://www.strojka.opava.cz/UserFiles/File/\\_sablon/Praxe\\_II\\_a\\_III/VY\\_52\\_I\\_NOVACE\\_H-02-24.pdf](http://www.strojka.opava.cz/UserFiles/File/_sablon/Praxe_II_a_III/VY_52_I_NOVACE_H-02-24.pdf)> [cit. 2016-03-23]
- 14) URL: [http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta\\_Technologie\\_II\\_2dil.pdf](http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_2dil.pdf)> [cit. 2016-03-23]
- 15) URL: <http://modding.cz/?p=64>> [cit. 2016-03-23]
- 16) URL: <http://www.heltos.cz/vrtacka-sloupova-vs-40-420-castor-2-26.html>> [cit. 2016-03-23]
- 17) URL: <http://www.zlkl.cz/o-spolecnosti/>> [cit. 2016-03-23]

- 18) URL:<http://www.zkl.cz/o-spolecnosti/historie/>> [cit. 2016-03-23]
- 19) URL:<http://www.zkl.cz/o-spolecnosti/hodnoty/>> [cit. 2016-03-23]
- 20) URL:<http://www.zkl.cz/o-spolecnosti/vize-cile/>> [cit. 2016-03-23]
- 21) URL:<http://www.zkl.cz/produkty-a-sluzby/vyvoj-a-konstrukce/>> [cit. 2016-03-23]
- 22) URL:<http://www.zkl.cz/reference/>> [cit. 2016-03-30]
- 23) URL:<http://www.cnczlin.cz/index.php?top=stroje&page=soustruh-spr-63-100/>> [cit. 2016-03-30]
- 24) URL:[http://int.haascnc.com/mt\\_spec1.asp?intLanguageCode=1029&id=VF-4&webID=40\\_TAPER\\_STD\\_VMC/](http://int.haascnc.com/mt_spec1.asp?intLanguageCode=1029&id=VF-4&webID=40_TAPER_STD_VMC/)> [cit. 2016-03-30]
- 25) URL:<http://www.timeseal.cz/stroje1.html/>> [cit. 2016-03-30]
- 26) URL: <http://www.techmagazin.cz/536/>> [cit. 2016-04-22]
- 27) URL: <http://www.ronex.mesit.cz/cs/art/100-/>> [cit. 2016-04-22]
- 28) URL:[http://www.ews-tools.de/archiv/png/S/S00424\\_D-EWS-051644\\_-png](http://www.ews-tools.de/archiv/png/S/S00424_D-EWS-051644_-png)  
[cit. 2016-04-22]
- 29) URL: [https://static.wixstatic.com/media/18c7c3\\_7494941484df47a6bffaebc3e7cebe31.jpg/v1/fill/w\\_193,h\\_193,al\\_c,q\\_80,usm\\_0.66\\_1.00\\_0.01/18c7c3\\_7494941484df47a6bffaebc3e7cebe31.jpg](https://static.wixstatic.com/media/18c7c3_7494941484df47a6bffaebc3e7cebe31.jpg/v1/fill/w_193,h_193,al_c,q_80,usm_0.66_1.00_0.01/18c7c3_7494941484df47a6bffaebc3e7cebe31.jpg) [cit. 2016-04-22]
- 30) URL: [http://ecat.pramet.com/img/PICTURES/Turning/ISO\\_M.PNG](http://ecat.pramet.com/img/PICTURES/Turning/ISO_M.PNG) [cit. 2016-04-22]
- 31) URL: <https://www.iscar.com/ecatalog/Ecat/datafile/PICTURE/175.gif>  
[cit. 2016-04-22]
- 32) URL: [http://www.ews-tools.de/archiv/png/1/100574\\_D-EWS-004454\\_A.png](http://www.ews-tools.de/archiv/png/1/100574_D-EWS-004454_A.png)  
[cit. 2016-04-22]
- 33) URL: [http://www.ews-tools.de/archiv/png/1/110856\\_D-EWS-050569\\_-png](http://www.ews-tools.de/archiv/png/1/110856_D-EWS-050569_-png)[cit. 2016-04-22]
- 34) URL: <http://www.iscar.com/eCatalog/Item.aspx?cat=5507725&fnum=487&mapp=I&GFSTYP=M&srch=1> [cit. 2016-04-22]
- 35) URL: [https://media.wnt.com/pic/mat/auf/pic\\_mat\\_auf\\_83639\\_all\\_esz.jpg](https://media.wnt.com/pic/mat/auf/pic_mat_auf_83639_all_esz.jpg)  
[cit. 2016-04-22]
- 36) FOREJT CSC., Prof. Ing. Milan a Doc. Ing. Miroslav PÍŠKA CSC. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. První. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, 2006. ISBN 80-214-2374-9.
- 37) VASILKO, Karol; NOVÁK-MARCINČIN, Josef; HAVRILA, Michal. *Výrobné inženýrstvo*. Prešov: Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-955-0.
- 38) NESLUŠAN, Miroslav; TUREK, Stanislav; BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; TABÁČEK, Marian. *Experimentální metody v trieskovom obrábání*. Žilina: EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.

- 39) HAVRILA, Michal; ZAJAC, Jozef; BRYCHTA, Josef; JURKO, Jozef, *Top trendy v obrábění, I. Část – Obráběné materiály*, Žilina: Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 205 s. ISBN 80-968954-2-7.
- 40) ZAJAC, Josef; JURKO, Josef; ČEP, Robert. *Top trendy v obrábění, II. Část – Nástrojové materiály*. Žilina: Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. 193 s. ISBN 80-968954-2-7.

## **8 Seznam Příloh**

Příloha č.1 – výkres opracování ložiskového víka